

Tartu ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö loodusgeograafias

**Õhuniiskuse ajalis-ruumiline muutlikkus Eestis perioodil 1948–
2013**

Jane Hüdsi

Juhendaja: prof. Jaak Jaagus

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

allkiri, kuupäev

Tartu 2014

Sisukord

| | |
|---|----|
| Sissejuhatus | 3 |
| 1. Teoreetiline ülevaade..... | 5 |
| 1.1 Õhuniiskuse karakteristikud | 5 |
| 1.2 Õhuniiskuse ruumiline ja ajaline varieeruvus..... | 6 |
| 1.3 Maapinnalähedase veeauru muutused | 6 |
| 1.4 Kliimamuutused Läänemere piirkonnas ja Eestis..... | 8 |
| 1.4.1 Temperatuur | 8 |
| 1.4.2 Sademed | 9 |
| 2. Andmed ja metoodika..... | 11 |
| 3. Tulemused ja arutelu | 14 |
| 3.1. Õhuniiskuse sesoonne muutlikkus..... | 14 |
| 3.1.1 Veeauru rõhk..... | 14 |
| 3.1.2 Küllastusvajak | 15 |
| 3.1.3 Suhteline õhuniiskus | 18 |
| 3.2 Territoriaalne muutlikkus | 22 |
| 3.2.1 Veeauru rõhk..... | 22 |
| 3.2.2 Küllastusvajak | 25 |
| 3.2.3 Suhteline õhuniiskus | 29 |
| 3.3 Aastatevaheline muutlikkus ja pikaajaline trend | 32 |
| 3.3.1 Veeauru rõhk..... | 32 |
| 3.2.2 Küllastusvajak | 37 |
| 3.2.3 Suhteline õhuniiskus | 41 |
| Kokkuvõte | 46 |
| Summary..... | 48 |
| Tänuavaldused | 51 |
| Kasutatud kirjandus | 52 |

Sissejuhatus

Õhuniiskus on veeauru sisaldus õhus ning see on oluline meteoroloogiline element, mis määrab ära ilma ja kliima iseloomu. Veeaur on kõige olulisem kasvuhooneefekti tekitaja ning avaldab mõju ka sademetele ja troopilistele tsüklonitele (Willett *et al.*, 2008). Veeauru kondenseerumisel vabaneb varjatud auramissoojus, mõjutades seeläbi ka inimest ja suurendades kuumastressi riski (Willett *et al.*, 2013). Lisaks on veeaurul oluline mõju ka satelliitpiltidelt saadava informatsiooni täpsusele ning GPS-rakendustele (Jakobson *et al.*, 2005). Õhuniiskuse muutuste selgitamine on oluline, kuna see annab võimaluse teha veel täpsemaid prognoose kliimamuutuste kohta ning täiustada teadmisi kliimasüsteemist kui tervikust (Willett *et al.*, 2008).

20. sajandi teisel poolel on täheldatud õhuniiskuse tõusu mitmetes regioonides ning Willett'i jt (2010) kohaselt on suurim absoluutse niiskuse tõus toimunud põhjapoolkeral. Õhuniiskuse tõus on seotud temperatuuri tõusuga – Clausius-Clapeyroni võrrandile tuginedes suureneb õhu veehoiu võime ühe Kelvinilise temperatuuri tõusu korral 7% (Willett *et al.*, 2010). Eestis on viimasel pooleteisel sajandil toimunud õhutemperatuuri tõus (Jaagus, 2013) ning seetõttu on huvitav ja oluline uurida, kuidas on see mõjutanud õhuniiskust.

Eestis on varasemalt tehtud uurimusi õhuniiskuse kohta (Jakobson *et al.*, 2005; Keernik *et al.*, 2013; Okulov *et al.*, 2002), mis on enamasti keskendunud sadestatava veeauru uurimisele. Antud töö keskendub aga veeauru rõhu, küllastusvajaku ja suhtelise õhuniiskuse analüüsimisele. Seetõttu on uurimustöö tähtis ka põhjusel, et varasemalt pole eelnevalt nimetatud õhuniiskuse karakteristikute ajalis-ruumilist muutlikkust ning pikaajalisi trende Eestis uuritud.

Töö eesmärgiks on õhuniiskuse ajalis-ruumilise muutlikkuse analüüs ning pikaajaliste muutuste kindlaks tegemine. Uurimisküsimused on sõnastatud järgmiselt:

- 1) Milline on õhuniiskuse sesoonne, aastatevaheline ja territoriaalne muutlikkus Eestis?
- 2) Millised on õhuniiskuse pikaajalise muutuse trendid Eestis viimastel aastakümnetel?

Õhuniiskust iseloomustavad mitmed näitajad, kuid antud uurimuses on analüüsitud neist kolme: suhteline õhuniiskus, küllastusvajak ja veeauru rõhk. Erinevate jaamade andmete põhjal uuritakse õhuniiskuse sesoonset muutlikkust perioodil 1948–2013. Sama perioodi kohta antakse ülevaade ka õhuniiskuse aastatevahelisest muutlikkusest ning territoriaalset

jaotust uuritakse perioodil 1964–2013. Lisaks arvutatakse ka kõigi kolme õhuniiskuse karakteristiku pikaajaline trend ajavahemike 1948–2013 ja 1964–2013 kohta.

Töö põhiosa koosneb kolmest peatükist. Esimeses osas antakse teoreetiline ülevaade õhuniiskuse ruumilisest muutlikkusest ning pikaajalistest trendidest. Samuti iseloomustatakse sademete ja õhutemperatuuri muutusi Eestis ning Läänemere regioonis laiemalt, kuna õhu veeauru sisaldus on oluliselt sõltuv nendest kahest näitajast. Teises peatükis kirjeldatakse andmeid ning metoodikat. Viimane peatükk sisaldab tulemusi ning arutelu.

1. Teoreetiline ülevaade

Maapinnalähedast veeauru on mõõdetud alates 19. sajandist. Maapinnalähedase veeauru kontsentratsiooni on tüüpiliselt väljendatud veeauru rõhu, kastepunkti temperatuuri, küllastusvajaku või suhtelise niiskusega, mida on traditsiooniliselt arvatatud märja ja kuiva termomeetri näitude alusel. (IPCC, 2007)

1.1 Õhuniiskuse karakteristikud

- Absoluutne niiskus on veeauru mass ühes kuupmeetris niiskes õhus ning mõõtühikuks on g/m^3 . Õhuosakese ruumala muutub õhu tõusmisel või laskumisel, sest ümbritseva õhu rõhk muutub. Õhu ruumala kõikumisel muutub ka absoluutne niiskus, ehkki veeaurusisaldus võib jääda samaks. Seetõttu ei kasutata absoluutset niiskust atmosfääri uuringutel tihti.
- Eriniiskus on ühes kilogrammis niiskes õhus sisalduv veeauru mass väljendatuna grammides ning ühikuks on g/kg . Erinevalt absoluutsest niiskusest ei mõjuta õhu ruumala muutused eriniiskust ja seetõttu kasutatakse seda näitajat atmosfääri uuringutel sagedasti.
- Veeauru rõhk on õhus leiduvate veemolekulide põhjustatav rõhk. Veeauru rõhu ühikuks on hPa või mb. Veeaururõhku esineb atmosfääris kahel kujul – küllastamata ja küllastunud olekus. Küllastatud veeauru rõhk tähendab rõhku, mida veeauru molekulid võiksid avaldada, kui õhk oleks veeaurust küllastunud antud temperatuuril. Tegelik veeauru rõhk näitab kogu veeauru sisaldust õhus, kuid küllastatud veeauru rõhk kirjeldab antud temperatuuril maksimaalset võimalikku veeauru rõhku.
- Suhteline ehk relatiivne õhuniiskus on õhus oleva veeauru rõhu ja samal temperatuuril oleva küllastatud veeauru rõhu suhe. Suhtelist õhuniiskust väljendatakse protsentides. Relatiivset õhuniiskust kasutatakse atmosfääri kirjeldamisel sagedasti.
- Kastepunkt on temperatuur, milleni jahtudes saavutab õhk küllastatud oleku ja veeaur kondenseerub. Kastepunkt on hea indikaator näitamaks tegelikku veeaurusisaldust õhus. Kõrge kastepunkt näitab suurt veeaurusisaldust ja vastupidi.
- Niiskusdefitsiit ehk küllastusvajak on küllastatud veeauru rõhu ja tegeliku veeauru rõhu vahe ning selle ühikuks on hPa või mb. See näitab, kui palju tuleb õhus olevat veeauru rõhku suurendada, et küllastunud olek saavutada.

1.2 Õhuniiskuse ruumiline ja ajaline varieeruvus

Õhuniiskuse karakteristikuid on mitmeid, kuid uuringutes on peamiselt kasutatud eriniiskuse ja suhtelise õhuniiskuse andmeid.

Kõrgeimad eriniiskuse väärtused (17–19 g/kg) esinevad troopilistel laiustel, kus temperatuurid on kõrged ja vett auramiseks leidub palju. Soojem õhk on võimeline rohkem veeauru sisaldama kui külmem õhk. Sesoonselt on seelses piirkonnas eriniiskuse muutlikkus väike. Suurematel laiuskraadidel väljaspool troopikat on eriniiskus väiksem ning sesoonne muutlikkus suur. Näiteks Kesk-Aasias võib eriniiskus varieeruda 1–2 g/kg talvel kuni 7–8 g/kg suvel. Pikkuskraadiline eriniiskuse varieeruvus on väike, kuid kõrbete kohal on see madalam võrreldes samadel laiustel olevate muude aladega. Jättes kõrbed välja, võib öelda, et maapinnalähedase eriniiskuse ruumilised mustrid on sarnased temperatuuriga. (Dai, 2006)

Madalatel laiustel ookeani kohal on eriniiskus päeval ajal vähesel määral kõrgem kui öösel (0,2–0,5 g/kg), kuid ülejäänud maakeral on ööpäevased erinevused väga väikesed (Dai, 2006).

Suhteline õhuniiskus on ookeanide kohal väikese varieeruvusega, jäädes vahemikku 75–82%. Maismaa kohal on suhteline niiskus suurema ruumilise ja ajalise varieeruvusega. Valdava osa maismaa kohal on suhteline õhuniiskus vahemikus 70–80%, kuid kõrbetes ning kõrgmäestikes on see madalam. Suhteline õhuniiskus on suvisel ajal 15–20% madalam kui talvel, sest küllastunud aururõhk tõuseb suvel tänu kõrgemale temperatuurile ning on suurem kui eriniiskuse tegelik tõus. (Dai, 2006)

Öösel tõuseb suhteline õhuniiskus suuremal osal kontinentidel ligikaudu 10–15% võrreldes päevase ajaga (Dai, 2006). Maksimumi saavutab suhteline õhuniiskus varahommikul, kui on kõige külmem ning miinimumi pärastlõunal, kui on kõige soojem (Ahrens, 2009). Ööpäevased erinevused on kõige väiksemad (~0–2%) põhjapoolkera suurematel laiustel talvisel ajal ning ookeanide kohal (Dai, 2006).

1.3 Maapinnalähedase veeauru muutused

Globaalselt jääb kuu keskmine eriniiskus vahemikku >0–20 g/kg. (Willett *et al.*, 2008). Ajavahemikul 1973–2012 on uuringute tulemusena leitud, et ülemaailmne keskmine eriniiskuse tõus on olnud 0,089 g/kg kümnendis (Willett *et al.*, 2013). On kindlaks tehtud, et temperatuur (T) ja eriniiskus (q) on omavahel korrelatsioonis – temperatuuri tõustes suureneb ka eriniiskus ning suurim korrelatsioon nende vahel (0,94) on soojal aastaajal (Barkhordarian *et al.*, 2012). Ülemaailmselt vastab 1°C temperatuuri tõusule 4,9% eriniiskuse tõus (IPCC,

2007). Clausiuse-Clapeyroni võrrandile tuginedes on niiskuse suurenemine tõenäoline soojemates regioonides, eriti kohtades, kus maapind on suure niiskussisaldusega. Kooskõlas eelnevaga on Willett jt (2008) leidnud, et eriniiskuse tõusutrendid on järjepidevalt suuremad troopikas ja suvisel ajal põhjapoolkeral. Lisaks on uuringutes selgunud, et maismaa kohal on eriniiskuse trendid suuremad kui ookeani kohal (Willett *et al.*, 2008). Laialdane soojenemine on aset leidnud näiteks Euraasias ning ka eriniiskus on seal märgatavalt suurenenud (1,5–6% kümnendis) (Dai, 2006). Lisaks on temperatuuri ja eriniiskuse tõus (0–2,5% kümnendis) toimunud Lõuna-Aafrikas, Mehhikos ja Põhja-Ameerika idapoolses osas (Dai, 2006; Willett *et al.*, 2013). Eriniiskuse ja temperatuuri tõusutrendid on leitud põhjapoolkeral kõigil aastaegadel ning suvisel ajal on need suuremad kui talvisel ajal. Seletatav on see sellega, et suvisel ajal on keskmine eriniiskus absoluutselt suurem võrreldes külma ajaga (Dai, 2006; Willett *et al.*, 2008). Siiski on Dai (2006) leidnud põhjapoolkeral – Kanadas ja Ameerika Ühendriikide põhjapoolses osas – üksikuid eriniiskuse ja temperatuuri languse trende kevadisel ajal (MAM). Lõunapoolkeral on eriniiskuse sesoonsed tõusutrendid samuti positiivsed, kuid väikesed ja statistiliselt mitteolulised ning troopilistel laiustel Vaikse ookeani kohal on eriniiskuse muutused kergelt negatiivsed (Dai, 2006). Lisaks on toimunud kuivenemine veel Lõuna-Ameerikas ja Austraalias (Willett *et al.*, 2013). Ka sealsed temperatuurimuutused on väikesed, ning see seletab, miks eriniiskuse trend on väga väike või negatiivne (Willett *et al.*, 2008). Kesk-Aafrikas, Amazonases ja Kesk-Austraalias on jaamade tihedus väike ning andmetes esineb auke, mistõttu on lõunapoolkera temperatuuri ja eriniiskuse vaatlustulemuste usaldusväärsus väiksem (Willett *et al.*, 2010).

Suhteline õhuniiskus jääb vahemikku 10–90% ning maksimumi saavutab põhjapoolkeral talve jooksul (Willett *et al.*, 2008). Ülemaailmne keskmine suhteline õhuniiskus on umbes 74% (Dai, 2006). Samal ajal, kui eriniiskus suureneb vastavalt temperatuuri tõusule, jääb suhteline õhuniiskus peaaegu konstantseks (Willett *et al.*, 2007). Suhtelise õhuniiskuse trendid põhjapoolkeral, troopikas ja ülemaailmselt ei ole statistiliselt olulised, kuid mõned sesoonsed muutused on olulised (Willett *et al.*, 2008). Statistiliselt oluline on ka languse trend ookeanide kohal (Dai, 2006). Valdavalt on suhtelise õhuniiskuse trendid negatiivsed, välja arvatud põhjapoolkeral, kus väiksema ruumilise skaala korral on statistiliselt olulisi tõusutrende (0,5–2,0% kümnendis) täheldatud Kesk- ja Ida-Ameerikas, Indias ja Lääne-Hiinas kõigil aastaegadel (Dai, 2006). Sesoonselt on muutused samuti valdavalt negatiivsed, välja arvatud põhjapoolkera talvel, suvel ning sügisel ja ülemaailmselt talveperioodil (Willett *et al.*, 2008).

21. sajandi alguses on märgatud mõnevõrra õhuniiskuse tõusu vaibumist, ehkki temperatuuri tõus jätkub (IPCC, 2013; Simmons *et al.*, 2010). See väljendub suhtelise õhuniiskuse vähenemises ning eriniiskuse tõusu seisakus. Seda saab seostada õhutemperatuuri kiirema tõusuga maapinna kohal, võrreldes temperatuuri kasvuga mere kohal. Suurem osa maismaa kohal olevast niiskusest tuleb auramise kaudu ookeanide kohalt, kuid kui ookeani kohal olev õhk soojeneb aeglasemalt kui maismaa kohal, siis kasvab ka küllastunud veeauru rõhk ookeani kohal aeglasemalt. Sellest tulenevalt pole auramine ookeanide kohal piisav, et hoida suhtelist õhuniiskust konstantsena ja suurendada eriniiskust soojema maismaa kohal. Võib öelda, et alates 1970-ndatest aastatest on õhus absoluutselt rohkem veeauru. Suhtelises mõttes sõltub see aga samaaegselt nii temperatuuri muutusest, kui ka sellest, kas evaporatsioon on piisav, et suhteline õhuniiskus jääks samale tasemele. (Willett *et al.*, 2013)

Õhuniiskuse muutuste põhjuseid on püütud leida erinevate mudelite ja simulatsioonide abil. On leitud, et õhuniiskust mõjutavad välised tegurid, milleks on inimõjud, näiteks õhku paisatavad kasvuhoonegaasid ning looduslikud tegurid, näiteks vulkaanipursked ja päikesekiirguse muutused. Lisaks tuleb muutustel arvesse võtta ka loomulikku sisemist varieeruvust. Looduslikest teguritest ning inimõjust tulenevaid eriniiskuse muutusi on võrreldud mõõdetud andmetega. Simulatsioon inimõjust tulenevatest eriniiskuse muutustest näitas tõusvat trendi sarnaselt mõõdetavate tulemustega, kuid simuleeritud looduslik mõju erines mõõdetavast. Vahemere piirkonnas tehtud uuringust selgub, et inimtegevusest tulenevad eriniiskuse muutused on selgelt märgatavad kõigil aastaaegadel, välja arvatud talvel, ning eriniiskuse tõusutrende ei saa seletada ainult loomuliku sisemise varieeruvuse ega looduslike tegurite mõjuga. (Barkhordarian *et al.*, 2012)

1.4 Kliimamuutused Läänemere piirkonnas ja Eestis

1.4.1 Temperatuur

Läänemere piirkonnas on toimunud märkimisväärsed maapinna lähedase temperatuuri muutused nii ajas kui ka piirkonniti. Läänemere regiooni põhjapoolse ja lõunapoolse osa temperatuuri tõusud on perioodil 1871–2004 vastavalt 0,10 °C ja 0,07 °C kümnendis ning võrreldes globaalse trendiga (0,05 °C kümnendis) on temperatuuri tõus Läänemere piirkonnas suurem. Kõige tugevam soojenemine on toimunud kevadel. Ka teistel aastaaegadel on temperatuurid tõusnud ning enamasti on trendid ka statistiliselt olulised (välja arvatud Läänemere põhjapoolse osa talvel ja lõunapoolse osa suvel). (BACC, 2008)

Õhutemperatuur Eestis on viimase pooleteise sajandi jooksul tõusnud, kuid see pole toimunud ühtlase kiirusega. Välja saab tuua kaks kiire soojenemisega perioodi – 19. sajandi lõpust kuni 1930-ndateni ja alates 1970-ndatest. Kahe perioodi vahele jäänud ajavahemikul on ilmnenud keskmise temperatuuri langust. (Jaagus, 2013)

Oluline on rõhutada, et trend sõltub väga palju vaatlusperioodist, mille kohta arvutusi tehakse (Jaagus, 2013). Ajavahemikul 1951–2000 on aasta keskmine temperatuur tõusnud 1,0–1,7 °C (Jaagus, 2006), kuid aastatel 1966–2010 on see 1,6–2,0 °C ning see periood iseloomustab ühtlasi ka teist kiire soojenemisega perioodi (Jaagus, 2013). Varasemal perioodil toimus suurim soojenemine märtsis ning lisaks toimus oluline soojenemine ka veebruaris, aprillis ning vähesel määral ka mais (Jaagus, 2006). Hilisemal perioodil pole enam märtsis ega veebruaris nii suurt soojenemist täheldatud ning statistiliselt usaldusväärne soojenemine on toimunud jaanuaris, aprillis, juulis, augustis ning aasta keskmisena (Jaagus, 2013). Territoriaalselt on Eestis suurim soojenemine toimunud Kagu-Eestis (Võrus) ja väikseim Loode-Eestis (Ristna) (Jaagus, 2006).

1.4.2 Sademed

Oluline kliimanäitaja on ka sademed, millega iseloomustatakse niiskusrežiimi kõige üldisemal kujul (Jaagus, 2013). Pikaajaline sademete muutuste hindamine on palju keerulisem võrreldes temperatuuriga (Jaagus, 2006). Sademete territoriaalne ja ajaline muutlikkus on väga suur ning ka lähestikku paiknevate jaamade sademete erinevus võib olla märkimisväärne, eriti suvel (Jaagus, 2013). Sademete piirkondlikke erinevusi põhjustavad näiteks atmosfääri protsessid, orograafia ja väga suur mõju on ka aluspinna efektil, mis põhjustab kontraste ranniku ja sisemaa sademete hulga vahel (BACC, 2008). Sademete trendi väärtused ajavahemikul 1966–2010 on Eesti jaamades üsna erinevad. 16 jaamas 41-st on sademete summa 45 aasta perioodil suurenenud rohkem kui 100 mm võrra, samas aga mõnes jaamas on trend miinusmärgiline (Jaagus, 2013).

VASClimoO andmete põhinedes on sademetehulk Läänemere ümbruses perioodil 1976–2000 tõusnud võrreldes ajavahemikuga 1951–1976 (Beck *et al*, 2005). Suurim sademetehulga tõus on toimunud Rootsis ja Läänemere idarannikul, samal ajal on sademeid vähenenud Poola lõunaosas. Sesoonselt on olulist sademete tõusu ulatuslikul alal Läänemere piirkonnas täheldatud kevadel. Näiteks Kesk-Rootsis on kevadine sademete hulk tõusnud rohkem kui 15%. Suvel on sademetehulgad Läänemere lõuna- ja läänepoolses osas pisut vähenenud, kuid suurenenud Läänemere siseosa ümbruse regioonides, Lõuna-Soomes ja Põhja-Rootsis.

Sügisel on tõus toimunud peaaegu kõikjal Läänemere ümbruses. Siiski on mõnedes regioonides esinenud sademete vähenemise tendentsi, eriti Poolas ja Saksamaal. Kõige suurem tõus on toimunud talvel ning peamiselt on toimunud see ida-lääne suunaliselt väljavenitatud alal, ulatudes Norrast, Taanist ja Saksamaalt läänes kuni Balti riikide ja Venemaani idas. (BACC, 2008)

Eestis iseloomustab 20. sajandi teist poolt oluline sademetehulga kasv. 1951–2000 on sademete tõusu täheldatud külmemal poolaastal oktoobrist märtsini ning lisaks on positiivne trend juunis (Jaagus, 2006). Jaaguse (2013) poolt tehtud uuringust selgub, et perioodil 1966–2010, mil ei olnud olulisi muudatusi vaatlusmetoodikas ega mõõtmisriistas, on üksikute kuude lõikes sademete hulk tõusnud jaanuaris ja juunis. Lisaks on mõnedes jaamades usaldusväärne tõusutrend ka veebruaris ja märtsis ning sademete vähenemistendents on iseloomulik aprillile ja septembrile (Jaagus, 2013).

Eestis on sademete hulk aastatel 1966–2010 suurenenud kindlates piirkondades, milledeks on Kirde-Eesti (Narva, Jõhvi, Lüganuse), Lõuna- ja Kagu-Eesti laiemalt (Tartu, Tõravere, Võru, Mauri, Viljandi, Rannu-Jõesuu), Peipsi madalik (Tiirikoja, Mehikoorma, Kääpa) ja Liivi lahe rannikuala (Sõrve, Pärnu, Kihnu, Ruhnu) (Jaagus, 2013).

2. Andmed ja metoodika

Antud töös on kasutatud kahekümne Eesti meteoroloogiajaama mõõtmistulemusi. Õhuniiskuse andmed alates 1966. aastast on saadud Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudist (EMHI) digitaalsel kujul. EMHI-st saadi suhtelise õhuniiskuse, küllastusvajaku ja veeauru rõhu kuu keskmised andmed jaamade kaupa. Saadud andmed kanti jaamade kaupa eraldi *Microsoft Exceli* failidesse ning suhtelise õhuniiskuse, veeauru rõhu ja küllastusvajaku andmed tõsteti eraldi vahelehtedele. Varasemate aastate (1948–1965) andmed tuli käsitsi arvutisse trükkida ning need pärinevad venekeelsetest kliimateatmikest (Klimatologitšeski spravotšnik SSSR, 1959; Spravotšnik po klimatu SSSR, 1972).

Andmete korrastamise ja täiendamise järel täideti andmelüngad, mida esines 20-st jaamast 13-s. Selleks leiti esmalt korrelatsioonid erinevate naaberjaamade vahel ning andmeaukude täitmiseks kasutati kõige tugevama korrelatsiooniga naaberjaama andmeid. Kõige tugevam oli korrelatsioon veeauru rõhu puhul, suhtelise õhuniiskuse ning küllastusvajaku kahe jaama vaheline korrelatsioon oli nõrgem. Järgnevalt leiti kahe jaama ühe kuu andmete vaheline keskmine suhe. Tulemus korrutati korrelatsioonis oleva jaama andmeväljaga, mis vastab ajaliselt lüngaga jaama andmeaugule. Tabelis 1 on esitatud lünkadega jaamad ning puuduvate andmete arvutamiseks kasutatud jaamad. Andmeaukude täitmisel kasutati rohkem kui ühe jaama andmeid juhul, kui mõlemas jaamas esines ajaliselt samal ajal andmelünk. Täielik oli andmerida Ristna, Jõhvi, Lääne-Nigula, Tallinna, Tiirikoja, Väike-Maarja ja Viljandi jaamades.

Tabel 1. Andmelünkadega jaamad ja puuduvate andmete arvutamiseks kasutatud jaamad.

| Jaam, milles esineb lünki. | Jaam, mille andmeid kasutati andmelünkade täitmisel. |
|----------------------------|--|
| Kihnu | Virtsu |
| Kunda | Narva |
| Kuusiku | Türi |
| Narva | Jõhvi |
| Pakri | Tallinn |
| Pärnu | Virtsu |
| Sõrve | Kihnu ja Vilsandi |
| Tartu | Valga |
| Türi | Kuusiku |
| Valga | Võru |
| Võru | Valga |
| Vilsandi | Ristna |
| Virtsu | Pärnu |

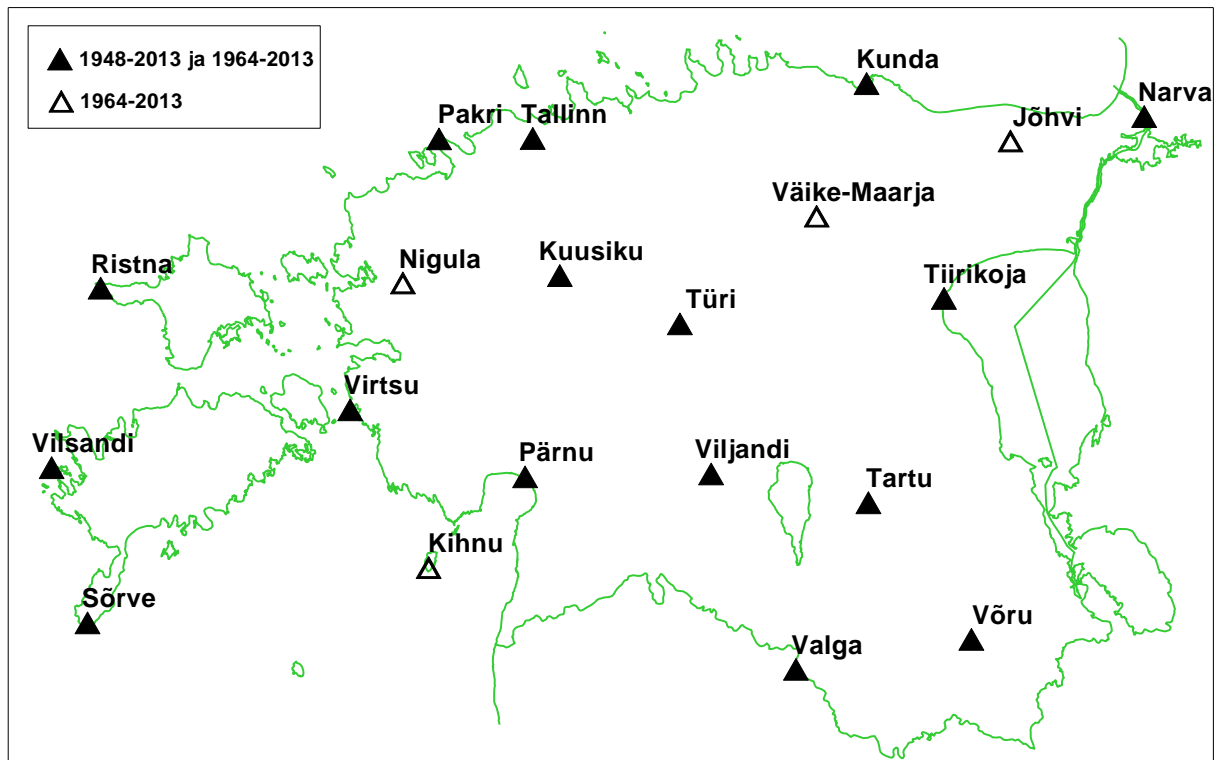
Pärast andmelünkade täitmist kontrolliti andmete vastavust normaaljaotusele statistilise andmetöötluspaketi *SPSS Statistics 20* abil. Selleks kasutati Shapiro-Wilki testi ning normaaljaotuse graafilist kontrollimist. Selgus, et kõik andmed ei vasta normaaljaotusele ning sellest tulenevalt otsustati analüüsil kasutada meetodeid, mis ei nõua normaaljaotust.

Järgnevalt leiti perioodi 1948–2013 kohta kolme õhuniiskuse karakteristikute kuude keskmised mediaani väärtused ja kvartiilihaarded. Territoriaalne jaotus leiti perioodi 1964–2013 kohta ning selleks arvutati aasta keskmised väärtused jaamade kaupa. Lühem periood sai valitud põhjusel, et sellel ajavahemikul on analüüsis kasutatavate jaamade arv suurem ning territoriaalne esindatus parem kui ajavahemikul 1948–2013. Õhuniiskuse territoriaalsest varieeruvusest on antud ülevaade nii sesoonselt kui ka aasta keskmisena. Pikaajalised muutused arvutati mõlema eelnevalt nimetatud perioodi kohta. Andmete analüüs teostati programmiga *MS Excel* ning kaardid koostati programmiga *Surfer*.

Trendi tõusu arvutamiseks kasutati Sen'i meetodit, mille puhul on tegemist mitteparameetrilise protseduuriga, mis on välja arendatud Sen'i poolt (Tabari & Hosseinzadeh Talaee, 2011). Sen'i meetodit kasutatakse juhul, kui saab eeldada, et tegemist on lineaarse trendiga (Salmi *et al.*, 2002). Statistilist usaldusväärsust kontrolliti Mann-Kendalli testi abil. Mann-Kendalli test on mitteparameetiline test, mis ei nõua andmete normaaljaotust (Tabari & Hosseinzadeh Talaee, 2011). Testi peamine põhimõte trendi arvutamiseks on kindlaks teha erinevuste olemasolu, mis esineb paarikaupa üksteisele järgnevate aegrea väärtuste vahel ning igat elementi võrreldakse kõigi eelnevate aegrea väärtustega (Jaagus, 2006). Statistiliselt usaldusväärseks loeti muutus, kui testi väärtus oli $\geq 1,96$ või $\leq -1,96$. Sen'i meetodi ja Mann-Kendalli testi statistikute arvutamiseks kasutati Exceli jaoks välja töötatud makrot *MAKESENS*, mis on välja arendatud Soome Meteoroloogia Instituudi poolt (Salmi *et al.*, 2002).

Töös vaadeldi ajavahemikke 1948–2013 (16 jaama puhul) ja 1964–2013 (20 jaama puhul) (joonis 1). Analüüsis kasutatavate ajavahemike valikul sai määravaks andmete olemasolu ning kasutusele võeti maksimaalne võimalik vahemik. 20. sajandi esimese poole andmetes esineb olulisi lünki, mida saab enamasti seostada I ja II maailmasõjaga. Seetõttu on 16 jaama puhul valitud analüüsis kasutatava aegrea alguseks aasta 1948. Uuringusse kaasati ka Jõhvi, Kihnu, Lääne-Nigula ja Väike-Maarja jaamad, mis avati hilisematel aastatel. Neist kõige hiljem hakati mõõtmisi tegema 1964. aastal Lääne-Nigulas, mistõttu valiti just see aasta lühema

perioodi ühiseks analüüsi algusaastaks. Jaamade valikul sai määravaks andmete olemasolu ning samuti jaama asukoht eesmärgiga tagada kõigi Eesti osade võimalikult hea esindatus.



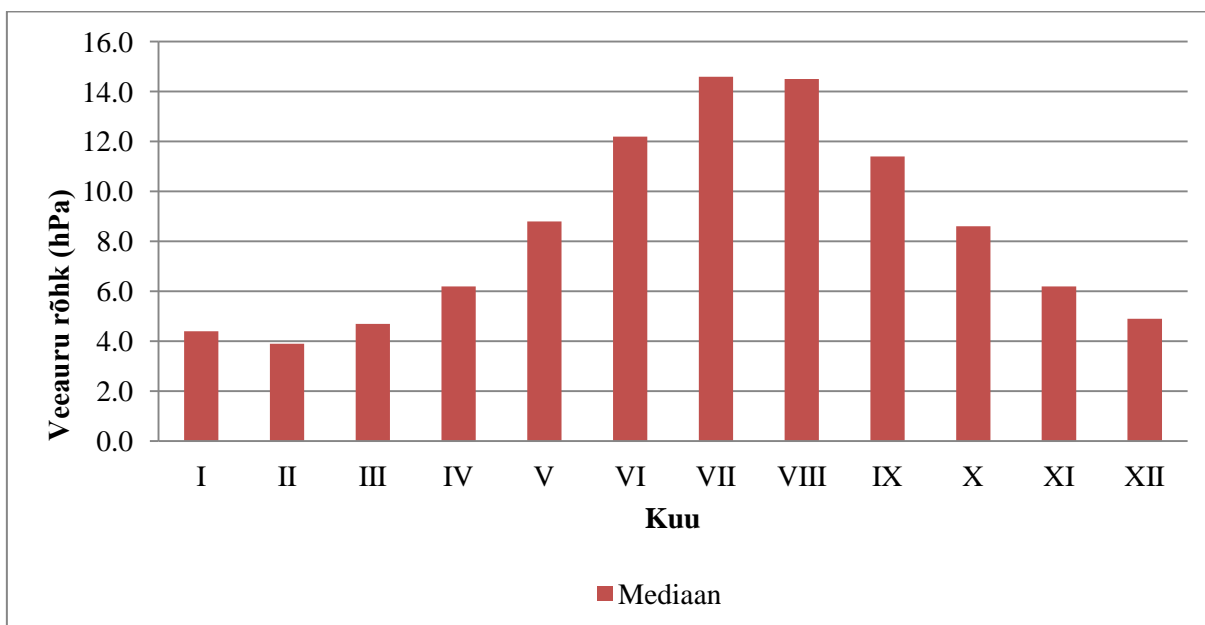
Joonis 1. Töös kasutatavad meteoroloogiajaamad ja uuritud perioodid.

3. Tulemused ja arutelu

3.1. Õhuniiskuse sesoonne muutlikkus

3.1.1 Veeauru rõhk

Veeauru rõhk on madalaim veebruaris, olles 3,9 hPa (joonis 2). Alates märtsist hakkab veeauru rõhk tõusma, saavutades maksimumi juulis ning sealt alates langeb kuni veebruarini.



Joonis 2. Keskmine veeauru rõhk kuude kaupa perioodil 1948–2013.

Veeauru rõhu aastane kõikumine on ligilähedane temperatuuri aastasele käigule. Maksimum esineb suvel, mil ka temperatuur on kõige kõrgem. Kõrged temperatuurid soodustavad auramist, mistõttu satub õhku veeauru juurde ning lisaks on soojem õhk võimeline rohkem veeauru sisaldama. Sügisel hakkab temperatuur langema ning sarnaselt käitub ka veeauru rõhk. Veeauru rõhu miinimum esineb jaanuaris-veebruaris ning siis on ka õhutemperatuur kõige madalam. Külmem õhk mahutab vähem niiskust ning ka auramine pole soodustatud. Veebruaris on tavaline, et meri kui veeauru allikas, on jäätunud ning seetõttu on vähenenud ka veeauru õhku sattumine. Märtsis hakkab õhu soojenemisega merejää ning lumi sulama ja need tegurid soodustavad veeauru rõhu tõusu.

Kui võrrelda veeauru rõhu sesoonset jaotust erinevates jaamades, on aastane käik sama. Kõigis kahekümnes uuringus osalevas jaamas on veeauru rõhu maksimum juulis ning miinimum veebruaris (tabel 2). Kõrvutades merelise ja mandrilise kliimaga jaamade andmed, ei ilmne samuti olulisi erinevusi. Välja võib tuua aga rannikujaamade suhteliselt kõrge

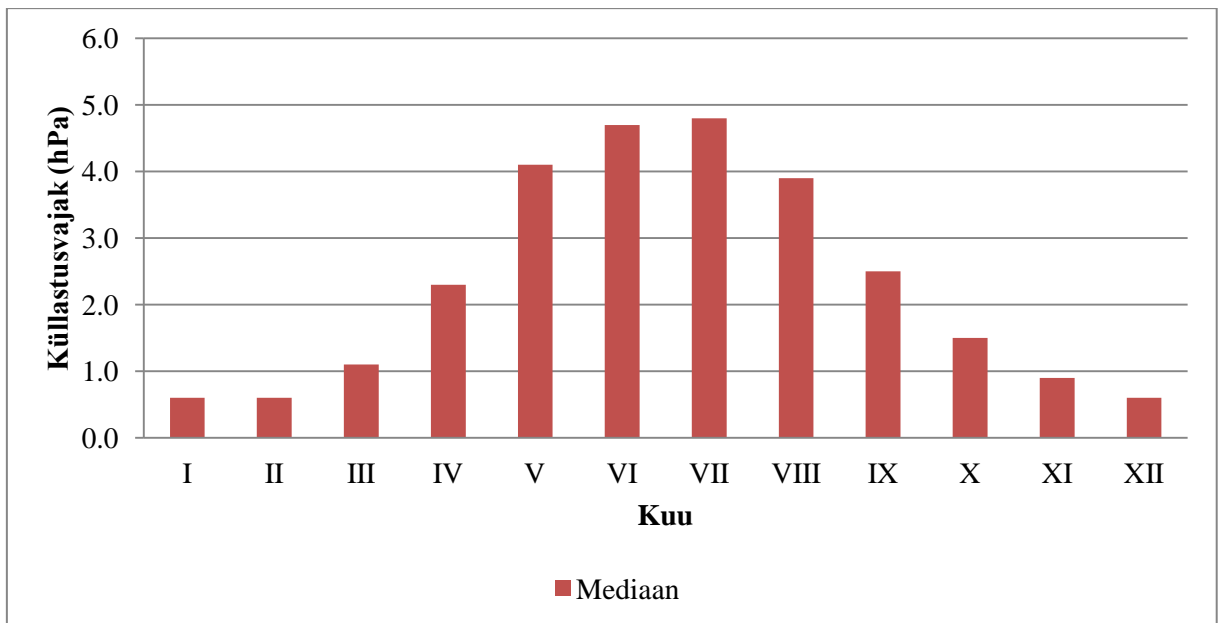
keskmise veeauru rõhu ka augustis, samal ajal kui sisemaa jaamades hakkab pärast juulit veeauru rõhk selgelt langema. See on seletatav aastase temperatuuri käigu hilinemisega mere ääres, mistõttu meri soojema aluspinnana hoiab sealse õhutemperatuuri kõrgemana kui sisemaal. Üldise tendentsina võib välja tuua ka merelise kliimaga jaamade kõrgema aastase veeauru rõhu, mida põhjustab sealne pehmem kliima ja Läänemerelt kanduv niiske õhk.

Tabel 2. Keskmise veeauru rõhk mediaani väärtuste põhjal jaamade ja kuude kaupa perioodil 1948–2013.

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|--------------|
| Kunda | 4.2 | 3.7 | 4.6 | 6.1 | 8.5 | 12.0 | 14.5 | 14.3 | 11.1 | 8.2 | 5.9 | 4.7 | 8.1 |
| Kuusiku | 4.4 | 3.8 | 4.6 | 6.0 | 8.5 | 11.6 | 14.2 | 14.0 | 11.0 | 8.4 | 6.1 | 4.9 | 8.1 |
| Narva | 3.9 | 3.4 | 4.3 | 5.9 | 8.5 | 12.0 | 14.4 | 14.0 | 11.0 | 7.9 | 5.6 | 4.4 | 7.9 |
| Pakri | 4.7 | 4.1 | 4.8 | 6.1 | 8.6 | 12.3 | 14.8 | 14.7 | 11.6 | 8.7 | 6.4 | 5.1 | 8.5 |
| Pärnu | 4.4 | 3.9 | 4.7 | 6.3 | 9.3 | 12.5 | 15.0 | 15.0 | 11.8 | 8.8 | 6.3 | 4.9 | 8.6 |
| Ristna | 5.0 | 4.4 | 5.0 | 6.3 | 8.6 | 12.1 | 15.0 | 15.0 | 12.1 | 9.1 | 6.8 | 5.5 | 8.7 |
| Sõrve | 5.1 | 4.6 | 5.2 | 6.6 | 9.3 | 12.9 | 15.5 | 15.6 | 12.6 | 9.4 | 7.1 | 5.6 | 9.1 |
| Tallinn | 4.5 | 3.8 | 4.7 | 6.0 | 8.5 | 11.7 | 14.5 | 14.2 | 11.3 | 8.5 | 6.2 | 4.9 | 8.2 |
| Tartu | 4.0 | 3.6 | 4.5 | 6.1 | 8.9 | 12.1 | 14.3 | 14.0 | 10.8 | 8.2 | 5.9 | 4.5 | 8.1 |
| Tiirikoja | 4.1 | 3.6 | 4.5 | 6.0 | 8.9 | 12.5 | 14.7 | 14.5 | 11.2 | 8.2 | 5.9 | 4.5 | 8.2 |
| Türi | 4.2 | 3.8 | 4.6 | 6.0 | 8.6 | 11.6 | 14.0 | 14.1 | 11.0 | 8.2 | 6.0 | 4.7 | 8.0 |
| Valga | 4.2 | 3.7 | 4.6 | 6.3 | 9.2 | 12.4 | 14.6 | 14.3 | 11.2 | 8.4 | 6.0 | 4.6 | 8.3 |
| Viljandi | 4.2 | 3.8 | 4.5 | 6.1 | 8.8 | 11.8 | 14.2 | 14.2 | 11.0 | 8.3 | 6.0 | 4.6 | 8.1 |
| Vilsandi | 5.1 | 4.5 | 5.2 | 6.6 | 9.1 | 12.6 | 15.3 | 15.5 | 12.4 | 9.3 | 7.0 | 5.7 | 9.0 |
| Virtsu | 4.7 | 4.1 | 4.8 | 6.4 | 9.4 | 12.8 | 15.4 | 15.4 | 11.9 | 9.1 | 6.7 | 5.2 | 8.8 |
| Võru | 4.1 | 3.6 | 4.5 | 6.3 | 9.1 | 12.0 | 14.3 | 14.2 | 11.0 | 8.2 | 5.9 | 4.5 | 8.1 |
| Eesti | 4.4 | 3.9 | 4.7 | 6.2 | 8.8 | 12.2 | 14.6 | 14.5 | 11.4 | 8.6 | 6.2 | 4.9 | 8.4 |

3.1.2 Küllastusvajak

Küllastusvajaku aastane käik on toodud joonisel 3. Uuritud andmetest selgub, et küllastusvajak näitab tõusutrendi jaanuarist juulini ja hakkab siis taas vähenema. Kõige kõrgem on küllastusvajak sarnaselt veeauru rõhuga juulis, olles 5,0 hPa. Miinimumi saavutab küllastusvajak talvel, kui mediaani väärtus on 0,6 hPa.



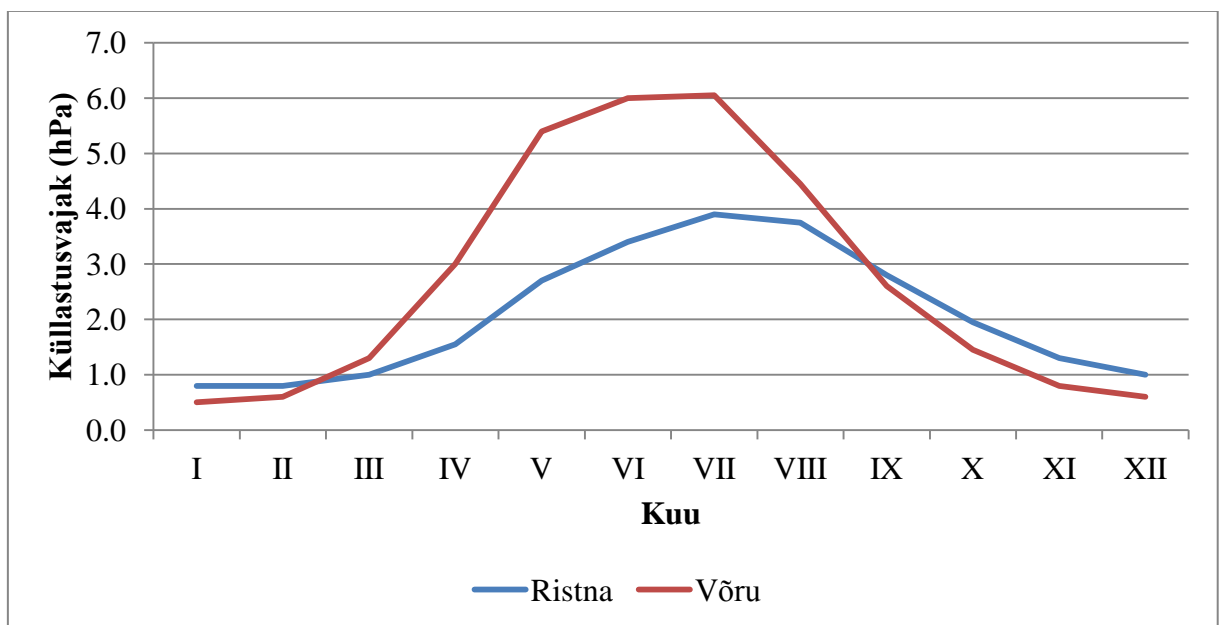
Joonis 3. Keskmise küllastusvajak kuude kaupa perioodil 1948–2013.

Niiskusdefitsiit ehk küllastusvajak on väiksem külmal ajal, mil ka temperatuurid on madalamad. Külmal poolaastal on õhku küllastav veeauru rõhk väiksem ehk õhu küllastamiseks on absoluutselt vähem veeauru vaja kui soojal ajal. Seega on talvel absoluutne veeauru rõhk küll väiksem võrreldes soojemate temperatuuridega, kuid tänu väiksemale küllastavale veeauru rõhule siiski küllastunud olekule lähemal ning küllastusvajak väiksem. Kevadel koos temperatuuri tõusuga suureneb ka niiskusdefitsiit, sest õhk on võimelisem rohkem veeauru sisaldama. Maksimumi saavutab küllastusvajak juulis ning sellel ajal on valdavalt ka kuu keskmine õhutemperatuur Eestis kõige kõrgem. Alates augustist hakkab koos temperatuuridega langema ka küllastusvajak.

Võrreldes küllastusvajaku sesoonset muutlikkust uuritud jaamades ilmnevad mõningad erinevused (tabel 3). Küllastusvajaku maksimum on enamasti juulis, kuid merelise kliimaga jaamades on kõrgemad väärtused nihkunud pigem augusti poole ja kontinentaalse kliimaga jaamades juuni poole. Kui vaadata küllastusvajaku absoluutseid väärtusi, siis tuleb esile, et mandrilise kliimaga jaamades on see märtsist augustini kõrgem ja merelise kliimaga jaamades oktoobrist veebruarini. Joonisel 4 on toodud Ristna ja Võru küllastusvajaku sesoonne jaotus, kust tulevad esile eelnevalt välja toodud erinevused merelise ja kontinentaalse kliimaga jaamade vahel.

Tabel 3. Keskmise küllastusvajak mediaani väärtuste põhjal jaamade ja kuude kaupa perioodil 1948–2013.

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------------|
| Kunda | 0.6 | 0.6 | 1.1 | 2.1 | 3.6 | 4.3 | 4.5 | 3.7 | 2.7 | 1.8 | 1.0 | 0.7 | 2.2 |
| Kuusiku | 0.5 | 0.5 | 1.1 | 2.6 | 4.8 | 5.4 | 5.2 | 3.8 | 2.2 | 1.2 | 0.6 | 0.5 | 2.4 |
| Narva | 0.5 | 0.6 | 1.1 | 2.6 | 4.6 | 5.5 | 5.5 | 4.1 | 2.6 | 1.4 | 0.8 | 0.6 | 2.5 |
| Pakri | 0.6 | 0.6 | 1.0 | 1.8 | 3.1 | 3.4 | 4.2 | 3.7 | 2.7 | 1.8 | 1.0 | 0.7 | 2.0 |
| Pärnu | 0.5 | 0.6 | 1.0 | 2.2 | 4.4 | 5.1 | 5.1 | 4.2 | 2.4 | 1.4 | 0.8 | 0.6 | 2.4 |
| Ristna | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 1.6 | 2.7 | 3.4 | 3.9 | 3.8 | 2.8 | 2.0 | 1.3 | 1.0 | 2.1 |
| Sõrve | 0.7 | 0.6 | 0.8 | 1.3 | 2.2 | 2.9 | 3.2 | 3.2 | 2.7 | 1.9 | 1.2 | 0.9 | 1.8 |
| Tallinn | 0.6 | 0.6 | 1.1 | 2.3 | 4.1 | 4.7 | 4.9 | 3.8 | 2.4 | 1.6 | 0.8 | 0.6 | 2.3 |
| Tartu | 0.5 | 0.6 | 1.3 | 2.9 | 5.2 | 5.7 | 5.4 | 4.4 | 2.6 | 1.4 | 0.7 | 0.5 | 2.6 |
| Tiirikoja | 0.5 | 0.5 | 0.9 | 2.0 | 3.8 | 4.7 | 4.6 | 3.5 | 2.2 | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 2.1 |
| Türi | 0.4 | 0.5 | 1.1 | 2.7 | 5.2 | 5.8 | 5.4 | 4.0 | 2.3 | 1.3 | 0.6 | 0.4 | 2.5 |
| Valga | 0.5 | 0.6 | 1.3 | 2.9 | 5.2 | 5.8 | 5.5 | 4.0 | 2.4 | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 2.5 |
| Viljandi | 0.4 | 0.5 | 1.2 | 2.9 | 5.3 | 5.9 | 5.4 | 4.1 | 2.3 | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 2.5 |
| Vilsandi | 0.8 | 0.7 | 0.9 | 1.6 | 2.4 | 3.0 | 3.7 | 3.9 | 3.0 | 2.0 | 1.3 | 1.0 | 2.0 |
| Virtsu | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 1.7 | 3.5 | 4.1 | 4.4 | 3.9 | 2.7 | 1.7 | 1.0 | 0.7 | 2.1 |
| Võru | 0.5 | 0.6 | 1.3 | 3.0 | 5.4 | 6.0 | 6.1 | 4.5 | 2.6 | 1.5 | 0.8 | 0.6 | 2.7 |
| Eesti | 0.6 | 0.6 | 1.1 | 2.3 | 4.1 | 4.7 | 4.8 | 3.9 | 2.5 | 1.5 | 0.9 | 0.6 | 2.3 |



Joonis 4. Küllastusvajaku sesoonse jaotuse võrdlus Võrus (kontinentaalne) ja Ristnas (mereline kliima).

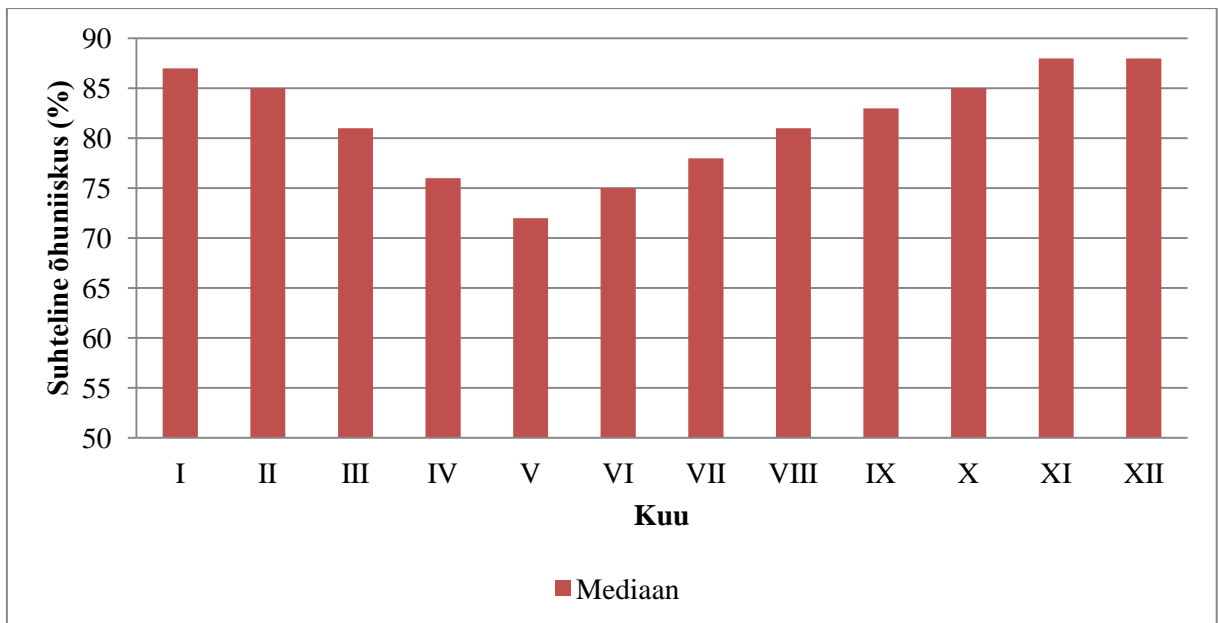
Ristna on rannikujaam ja sealsele kliimale avaldab olulist mõju mere lähedus. Võru asub sisemaal ning mere otsene mõju sinna ei ulatu. Seetõttu on Ristnas ja Võrus ning merelise ja mandrilise kliimaga jaamades laiemalt aastane temperatuuri käik pisut erinev ning sellest

tulenevalt ka küllastusvajaku aastane käik. Juunis on meri aluspinnana jahedam kui maismaa ja õhutemperatuurid on rannikul madalamad. Alates augustis hakkab õhutemperatuur langema, kuid meri jaheneb tänu suurele soojusmahtuvusele aeglaselt ning õhutemperatuurid jäävad rannikupiirkonnas kõrgemaks kui sisemaal. Merelisele kliimale iseloomulik õhutemperatuuri aastase käigu hiline mine põhjustab ka küllastusvajaku hilisemat maksimumi. Sisemaal on aga temperatuuri maksimum pisut varem ning sarnaselt käitub ka küllastusvajak.

Kontinentaalse kliimaga jaamades on küllastusvajaku väärtused märtsist augustini kõrgemad ning merelises kliimas oktoobrist veebruarini. Ka õhutemperatuuri sesoonsed väärtused käituvad sisemaal ja rannikul sarnaselt ning see põhjustabki küllastusvajaku absoluutsete suuruste erinevusi. Vaid märtsis ja augustis on temperatuur merelises kliimas pisut kõrgem või suhteliselt samal tasemel, kuid küllastusvajak väiksem kui sisemaal. Seda põhjustab õhu erinev niiskusesisaldus. Märtsis on maapind veel suuremas osas külmunud ning lumega kaetud ja sisemaal satub niiskust õhku vähe. Rannikul on õhu veeauru sisaldus tänu merelt tulevale niiskusele suurem. Seetõttu on kontinentaalse kliimaga Võrus niiskusdefitsiit märtsis suurem kui Ristnas, ehkki temperatuur on mõnevõrra madalam. Ka augustis on Ristna madalam niiskusdefitsiit seotud kõrgema õhu niiskussisaldusega, mis tuleneb mere otsesest mõjust.

3.1.3 Suhteline õhuniiskus

Suhtelise õhuniiskuse aastane käik on esitatud joonisel 5, kust on näha, et miinimum esineb soojal poolaastal ja maksimum külmal poolaastal. Minimaalne suhteline õhuniiskus on mais, kui perioodil 1948–2013 on see vastavalt 72%. Alates juunist hakkab relatiivne õhuniiskus tõusma ning maksimum esineb novembris ja detsembris, kui see näitaja on 88%.



Joonis 5. Keskmise suhteline õhuniiskus perioodil 1948–2013.

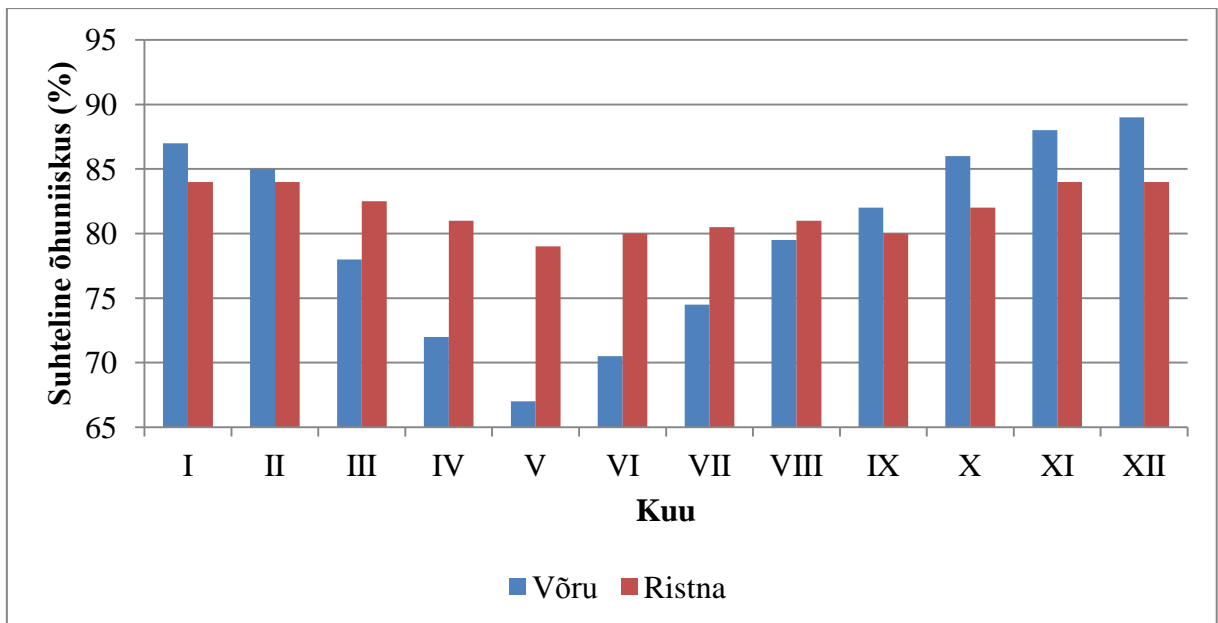
Suhteline õhuniiskus sõltub nii temperatuurist kui ka veeauru sisaldusest õhus. Temperatuuri tõustes suureneb ka õhu ruumala ning seetõttu on soojem õhk võimelisem rohkem veeauru sisaldama. Nii õhus olev niiskusehulk kui ka kastepunkti temperatuur suurenevad temperatuuri tõustes. Tavaliselt on aga küllastamata õhu temperatuuri vertikaalne gradient suurem kui kastepunkti vertikaalne gradient, mistõttu põhjustab temperatuuri tõus relatiivse niiskuse langust. Seega on suhtelise õhuniiskuse aastane käik vastupidine õhutemperatuuri aastasele käigule. Suhteline õhuniiskus sõltub lisaks temperatuurile ka õhu veeauru sisaldusest ning sellega on seletatav, miks just mai kuu on suhteliselt kõige kuivem. Mai on suhteliselt soe, kuid küllaltki sademetevaene kuu, seda eriti rannikul. Seetõttu on ka auramine ning õhu veeauru sisaldus väiksem. Ka suvel on suhteline õhuniiskus madal, kuid tänu suurematele sademetehulkadele siiski kõrgem kui mais. Suhtelise õhuniiskuse väärtused on suuremad külmal poolaastal, kui veeauru küllastav rõhk on madal. Õhu küllastamiseks on absoluutses mõttes vähem veeauru vaja kui soojal poolaastal ning seetõttu on suhteline õhuniiskus kõrge.

Relatiivne õhuniiskus on maksimaalne novembris ja detsembris. Siis on temperatuurid madalad, kuid sademeid on tänu aktiivsele tsüklonaalsele tegevusele samuti palju. Aasta kõige külmemad kuud on tavaliselt jaanuar ja veebruar, kuid erinevalt detsembrist on siis sademeid vähem ja Läänemeri enamasti suuremas osas jääs ning sellest tulenevalt ka auramine ja suhteline õhuniiskus madalamad.

Meteoroloogiajaamade suhtelise õhuniiskuse mediaani väärtused perioodil 1948–2013 on esitatud tabelis 4. Kui võrrelda suhtelise õhuniiskuse sesoonset jaotust uuritud ilmajaamades, siis ilmnevad erinevused merelise ja kontinentaalse kliimaga jaamade vahel. Joonisel 6 on toodud merelise kliimaga Ristna ja kontinentaalse kliimaga Võru jaamade suhtelise õhuniiskuse sesoonne võrdlus. Nii Võru kui ka üldisemalt kontinentaalse kliimaga jaamades esineb suhtelise õhuniiskuse miinimum alati mais. Edasi jätkub ühtlane ja selge tõus kuni novembrini või detsembrini, kui relatiivne õhuniiskus saavutab maksimumi. Merelise kliimaga jaamades esineb mõningatel juhtudel miinimum lisaks maile ka hilisematel kuudel ning tõus on aeglane ja ei tule nii selgelt esile kui kontinentaalse kliimaga jaamades. Seega ei toimu pärast maid ranniku jaamades alati lineaarne ja selge suhtelise õhuniiskuse tõus. Selline sesoonne käik on iseloomulik näiteks Sõrve, Vilsandi ja Ristna jaamadele, kus pärast maid toimub juunis ja juulis suhtelise õhuniiskuse tõus, kuid augustis ja septembris toimub jälle langus. Suhtelise õhuniiskuse maksimum on Võru jaamas detsembris ning üldisemalt on see sisemaa jaamades enamasti novembris ja detsembris. Rannikujaamades on maksimum ajaliselt rohkem hajutatud, jäädes novembri ja veebruari vahele. Lisaks ilmneb, et mandrilises kliimas on suhtelise õhuniiskuse sesoonsed erinevused suuremad, merelises kliimas on aastane käik aga stabiilsem

Tabel 4. Keskmine suhteline õhuniiskus mediaani väärtuste põhjal jaamade ja kuude kaupa perioodil 1948–2013.

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kunda | 86 | 85 | 81 | 77 | 74 | 76 | 79 | 81 | 82 | 83 | 86 | 86 | 81 |
| Kuusiku | 88 | 86 | 80 | 75 | 69 | 72 | 78 | 82 | 85 | 88 | 91 | 91 | 82 |
| Narva | 87 | 85 | 80 | 73 | 68 | 72 | 76 | 80 | 83 | 85 | 87 | 88 | 80 |
| Pakri | 87 | 86 | 82 | 79 | 76 | 79 | 79 | 81 | 81 | 83 | 86 | 87 | 82 |
| Pärnu | 87 | 85 | 82 | 77 | 71 | 73 | 76 | 80 | 84 | 86 | 89 | 89 | 82 |
| Ristna | 84 | 84 | 83 | 81 | 79 | 80 | 81 | 81 | 80 | 82 | 84 | 84 | 82 |
| Sõrve | 86 | 86 | 86 | 84 | 82 | 83 | 84 | 83 | 82 | 83 | 86 | 86 | 84 |
| Tallinn | 87 | 85 | 81 | 75 | 72 | 74 | 78 | 81 | 83 | 85 | 89 | 88 | 81 |
| Tartu | 87 | 84 | 79 | 72 | 68 | 72 | 76 | 80 | 83 | 86 | 89 | 89 | 80 |
| Tiirikoja | 88 | 86 | 82 | 79 | 74 | 75 | 79 | 83 | 86 | 87 | 90 | 88 | 83 |
| Türi | 89 | 86 | 81 | 73 | 67 | 71 | 76 | 82 | 85 | 88 | 91 | 91 | 82 |
| Valga | 88 | 85 | 79 | 72 | 70 | 73 | 76 | 82 | 85 | 88 | 90 | 90 | 81 |
| Viljandi | 88 | 86 | 80 | 72 | 67 | 72 | 76 | 81 | 84 | 87 | 90 | 90 | 81 |
| Vilsandi | 85 | 85 | 84 | 82 | 80 | 82 | 82 | 81 | 81 | 82 | 85 | 85 | 83 |
| Virtsu | 88 | 87 | 84 | 80 | 75 | 76 | 79 | 81 | 82 | 84 | 88 | 88 | 83 |
| Võru | 87 | 85 | 78 | 72 | 67 | 71 | 75 | 80 | 82 | 86 | 88 | 89 | 80 |
| Eesti | 87 | 85 | 81 | 76 | 72 | 75 | 78 | 81 | 83 | 85 | 88 | 88 | 82 |



Joonis 6. Suhtelise õhuniiskuse sesoonse jaotuse võrdlus Võrus (kontinentaalne) ja Ristnas (mereline kliima).

Erinevusi merelise ja mandrilise kliimaga jaamades põhjustab mere mõju olemasolu või siis selle puudumine. Mere soojusmahtuvus on suur ja vee temperatuur muutub seetõttu aeglaselt ning see muudab ka aastased temperatuuri erinevused merelises kliimas väiksemaks. Sisemaal muutub aluspinna temperatuur kiiresti ning õhutemperatuuri sesoonne muutlikkus on suur. Ka suhteline õhuniiskus, mis sõltub temperatuurist, on seetõttu kontinentaalses kliimas suurema ja selgemalt esile tuleva sesoonse muutlikkusega. Rannikul on tänu temperatuuri väiksemale aastasele amplituudile ka suhteline õhuniiskus ühtlasem. Lisaks on rannikul tänu veekogu lähedusele aasta läbi ühtlasemad auringutingimused. Sisemaal on õhu veeauru sisaldus rohkem sõltuv sademetest ning kuude lõikes on sademetehulgad erinevad.

Septembrist jaanuarini on suhteline õhuniiskus sisemaa jaamades kõrgem kui rannikujaamades. Märtsist juulini on olukord vastupidine ja rannikujaamades on suhteline õhuniiskus kõrgem. Veebruaris ja augustis merelise ja mandrilise kliimaga jaamade näitajad ühtlustuvad ning ei saa üheselt välja tuua, kus on suhteline õhuniiskus kõrgem. Ka õhutemperatuuri aastane käik on kontinentaalses ja merelises kliimas erinev ning sellest tulenevalt ka suhteline õhuniiskus. Võrus kui mandrilise kliimaga jaamas on temperatuur kõrgem aprillist juulini ja Ristnas kui merelise kliimaga jaamas septembrist veebruarini (Jaagus, 2013). Ajavahemikud ei kattu täpselt, kuid üldiselt seal, kus on külmem, on ka suhteline õhuniiskus kõrgem ja vastupidi. See ei kehti aga veebruaris, kui temperatuur on küll sisemaal madalam, aga suhteline õhuniiskus pole kõrgem kui rannikul, vaid võrdne.

3.2 Territoriaalne muutlikkus

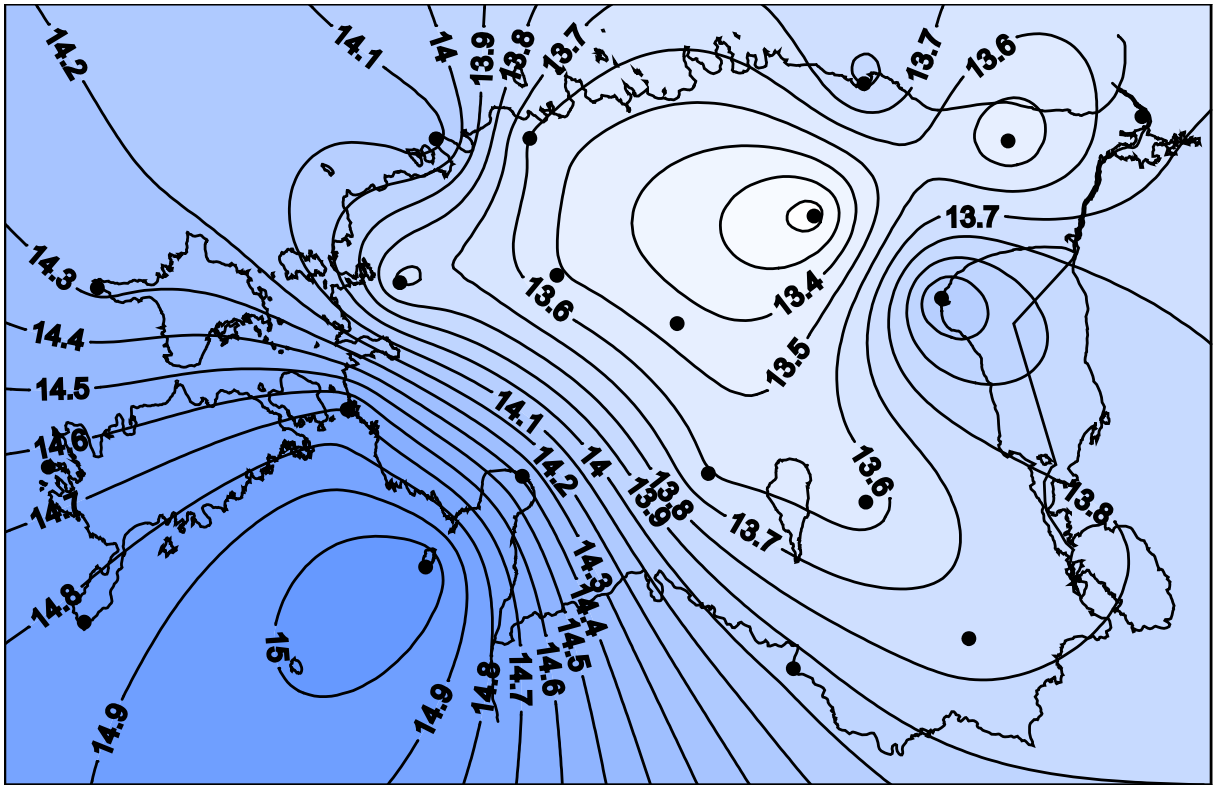
3.2.1 Veeauru rõhk

Veeauru rõhu aasta keskmine territoriaalne varieeruvus Eestis on üsna suur (joonis 7). Üldiselt ilmneb, et keskmine veeauru rõhk suureneb kirde-loode suunaliselt ning kõrgemad väärtused on Lääne-Eesti rannikujaamades ning Liivi lahe ümbruses. Lisaks saab ümbritsevast kõrgema veeauru rõhuga jaamana välja tuua ka Tiirikoja, mis asub Peipsi rannikul. Maksimaalne on veeauru rõhk Sõrves ja Kihnus, kus see aasta keskmisena on 9,1 hPa. Veeaururõhk on madalam sisemaal – Kesk- ja Ida-Eestis – ning miinimum esineb Jõhvis ja Väike-Maarjas, kus see näitaja on 7,9 hPa.

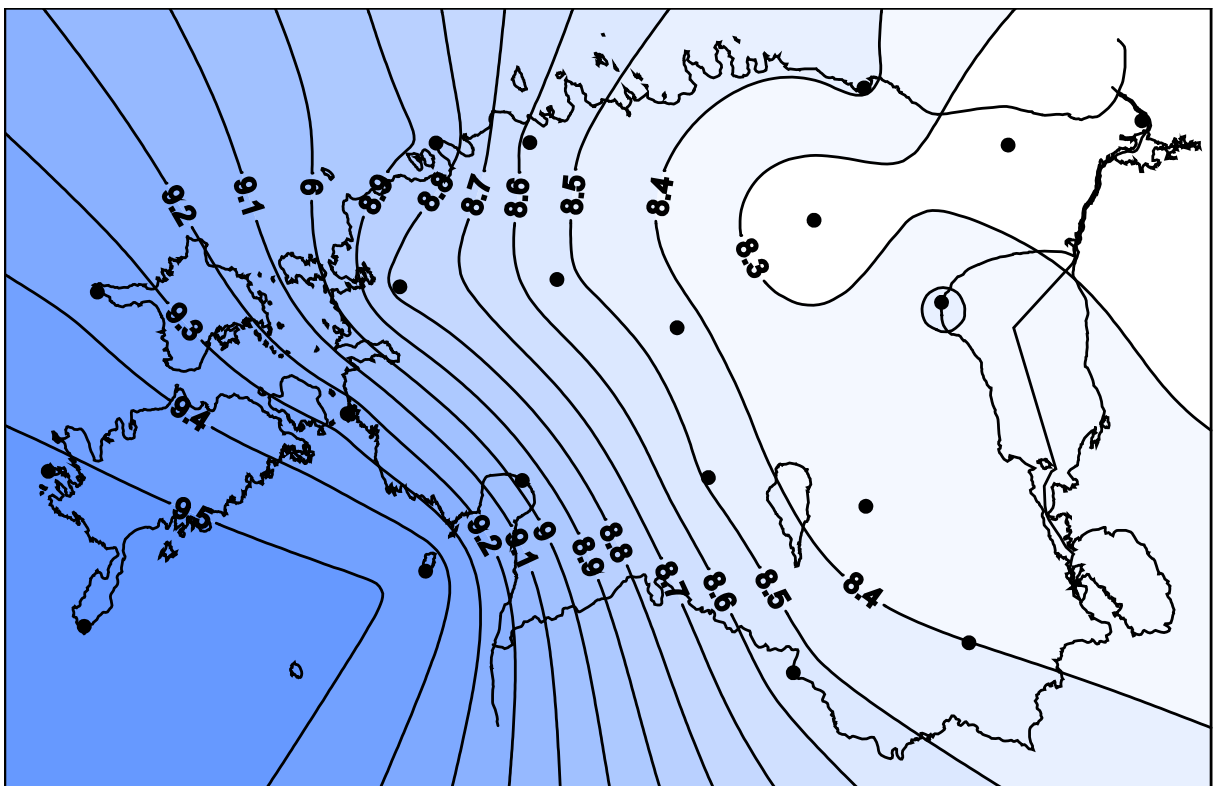
Kevadel on territoriaalse jaotuse kontrast kõige väiksem ning erinevused madalaima ja kõrgeima väärtusega piirkondade vahel on 0,8 hPa (joonis 8). Suurem veeauru rõhk on lääne- ja lõunapoolsetel aladel ning eriti Edela-Eestis. Madalamad väärtused esinevad Põhja-Eestis ning miinimum sarnaselt Eesti keskmisele territoriaalsele jaotusele Jõhvis ja Väike-Maarjas. Kevadel ei tule selgelt esile ka Tiirikoja kõrgemat veeauru rõhu väärtust ümbritsevate jaamadega võrreldes, mida saab seostada Peipsi jää aeglase sulamisega kevadisel ajal.

Suvised ja sügisesed veeauru rõhu territoriaalsed erinevused on märksa suuremad (joonis 9 ja joonis 10). Mõlemal juhul on territoriaalne jaotus sarnane Eesti keskmisele, kus miinimumväärtused esinevad Kirde-Eestis ning kõrgemad väärtused on Liivi lahe ümbruses. Nii sügisel kui ka suvel tuleb võrreldes ümbritsevate jaamadega esile Tiirikoja kõrgem veeauru rõhk ja seda tänu Peipsilt tulevale niiskusele.

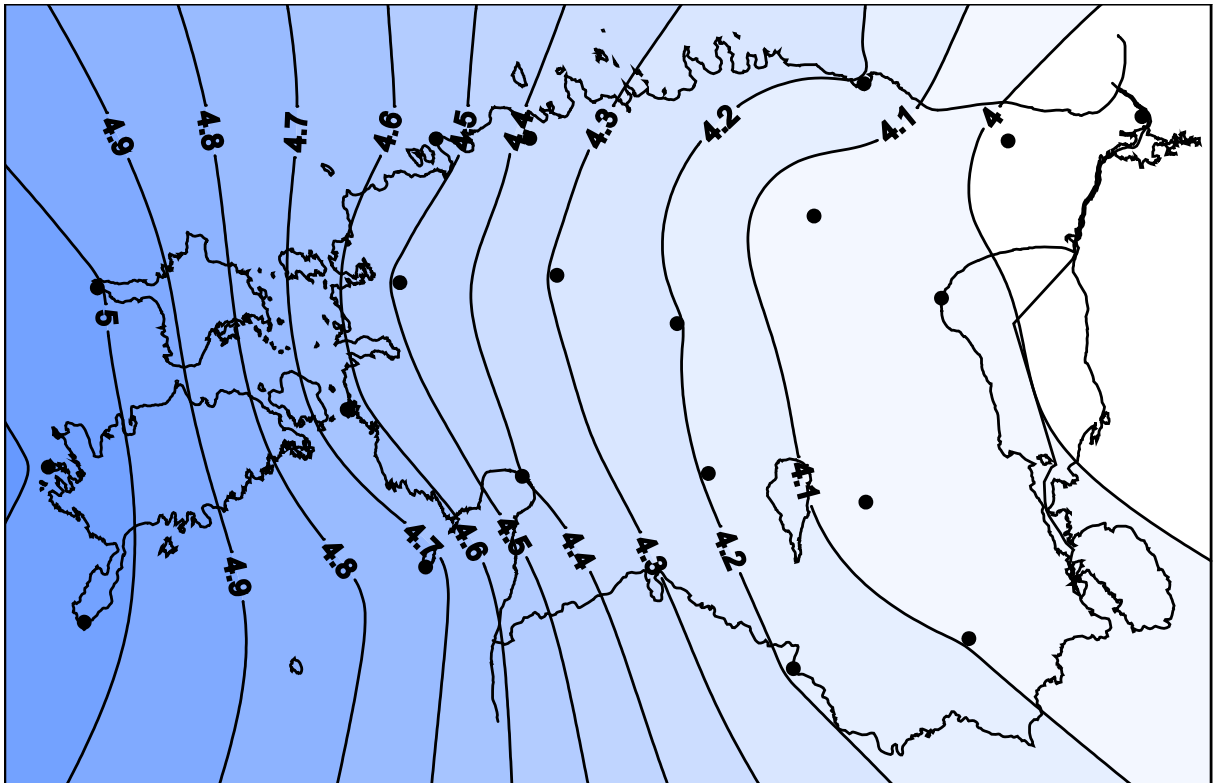
Talvine veeauru territoriaalne varieeruvus on selgelt ida-lääne suunaline (joonis 11). Kõige kõrgemad veeauru rõhu väärtused on äärmisel läänerrannikul (Vilsandi, Sõrve, Ristna). Sealne veeauru rõhk on 1,2 hPa kõrgem, kui Ida-Eestis (Narvas), kus esinevad miinimumväärtused. Tänu Peipsi talvisele jäätumisele on madalaimate väärtustega jaamade hulgas ka muidu kõrgema veeauru rõhuga silma paistnud Tiirikoja.



Joonis 9. Suve (juuni-august) keskmine veeauru rõhk (hPa).



Joonis 10. Sügise (september-november) keskmine veeauru rõhk (hPa).



Joonis 11. Talve (detsember-veebruar) keskmine veeauru rõhk (hPa).

Lääneranniku ja Liivi lahe ümbruses olevate jaamade kõrgema veeauru rõhu põhjusteks on veekogu lähedus, mistõttu on sealne auramine soodustatud ning pehmem kliima, tänu millele on õhk võimeline rohkem niiskust sisaldama. Lisaks on erinevused seotud ka peamiselt esinevate tuulte suundadega. Läänerannikule ja Liivi lahe piirkonda toovad Eestis valitsevad lääne- ja lõunakaare tuuled niisket merelist õhku, sisemaale ja põhjarannikule aga küllaltki kuiva õhku. Ka talvel kandub eelnevalt nimetatud piirkondadesse Läänemere jäävabalt keskosalt niisket õhku. Soome laht on aga jääs ning Eesti siseosa valdavalt lumega kaetud ja sellest tulenevalt on põhjarannikul ning sisemaal veeauru õhku sattumine oluliselt väiksem võrreldes saarte ja läänerannikuga. Peipsi rannikul asuva Tiirikoja kõrgemat veeauru rõhku saab seletada Peipsilt kanduva niiskusega, mistõttu sisaldab sealne õhk rohkem veeauru. Mandrilise kliimaga Kesk- ja Ida-Eestis on madalaimad väärtused seotud ka sealsete madalamate aastaste keskmiste õhutemperatuuridega võrreldes rannikujaamadega.

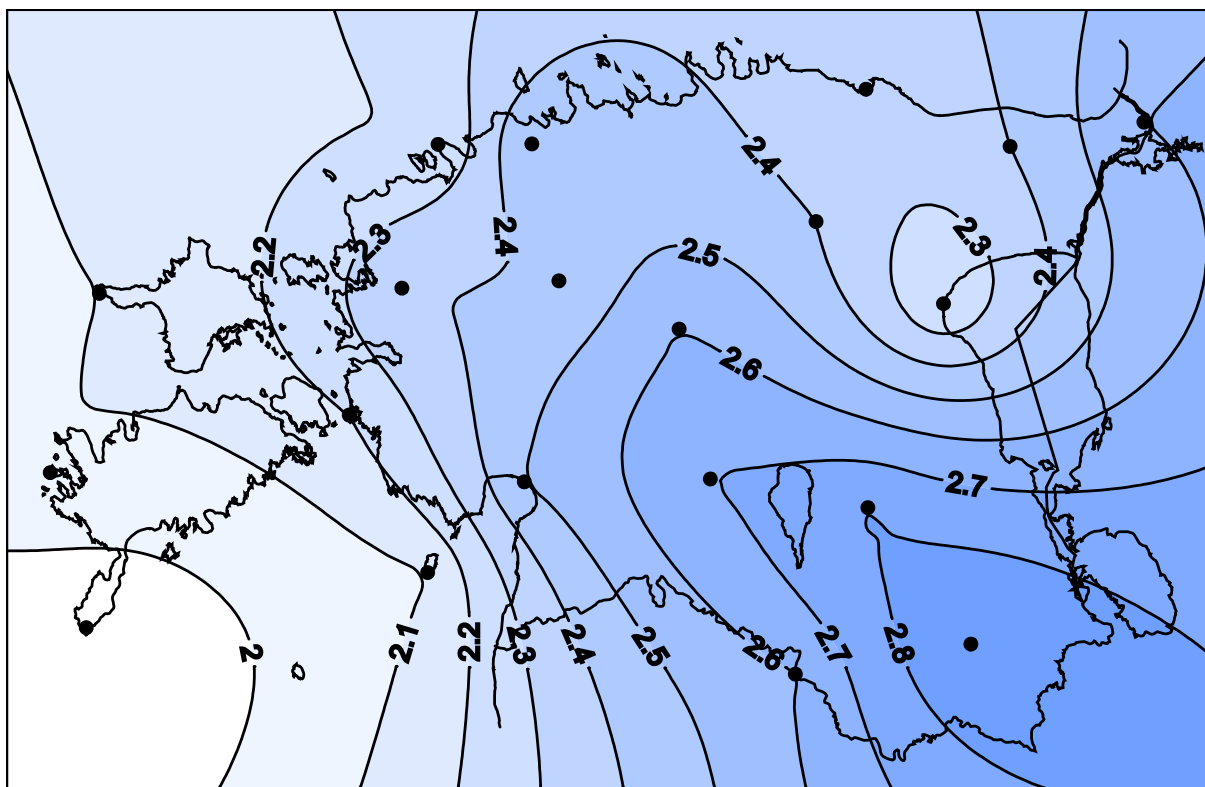
3.2.2 Küllastusvajak

Aasta keskmiseid küllastusvajaku territoriaalseid iseärasusi perioodil 1964–2013 on kujutatud joonisel 12. Territoriaalselt on aasta keskmine küllastusvajak kõige madalam äärmisel läänerannikul ja saartel, saavutades miinimumi Sõrves, kus see näitaja on 1,9 hPa. Ka põhjarannikul on küllastusvajak suhteliselt madal, kuid siiski kõrgem kui läänerannikul.

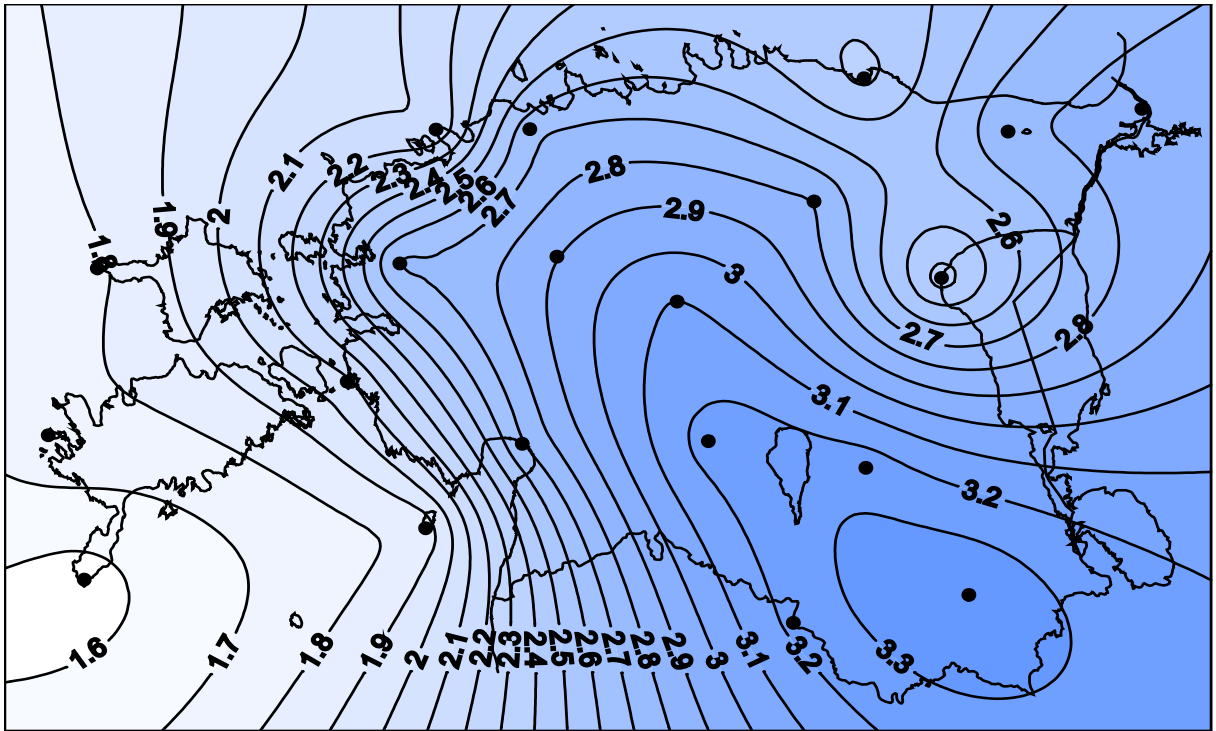
Lisaks paistab madalama küllastusvajakuga jaamana silma ka Peipsi kaldal paiknev Tiirikoja. Territoriaalselt on küllastusvajak kõrgem sisemaal ning maksimaalne Võru jaamas, olles seal 2,9 hPa.

Kevadine ja suvine (joonis 13 ja joonis 14) territoriaalne küllastusvajaku jaotus on üldjoontes sama nagu aasta keskmine. Küll aga võib täheldada suurt kontrasti äärmusväärtuste vahel mõlemal aastaajal. Näiteks kevadel on küllastusvajaku väärtus sisemaal Võrus (3,4 hPa), kus esineb maksimum, üle kahe korra suurem kui rannikujaamas Sõrves (1,6 hPa), kus esineb küllastusvajaku kevadine miinimum. Sellised suured kontrastid on seletatavad temperatuuri aastase käigu ja niiskusolude erinevustega sisemaa ja mereäärsete jaamade vahel.

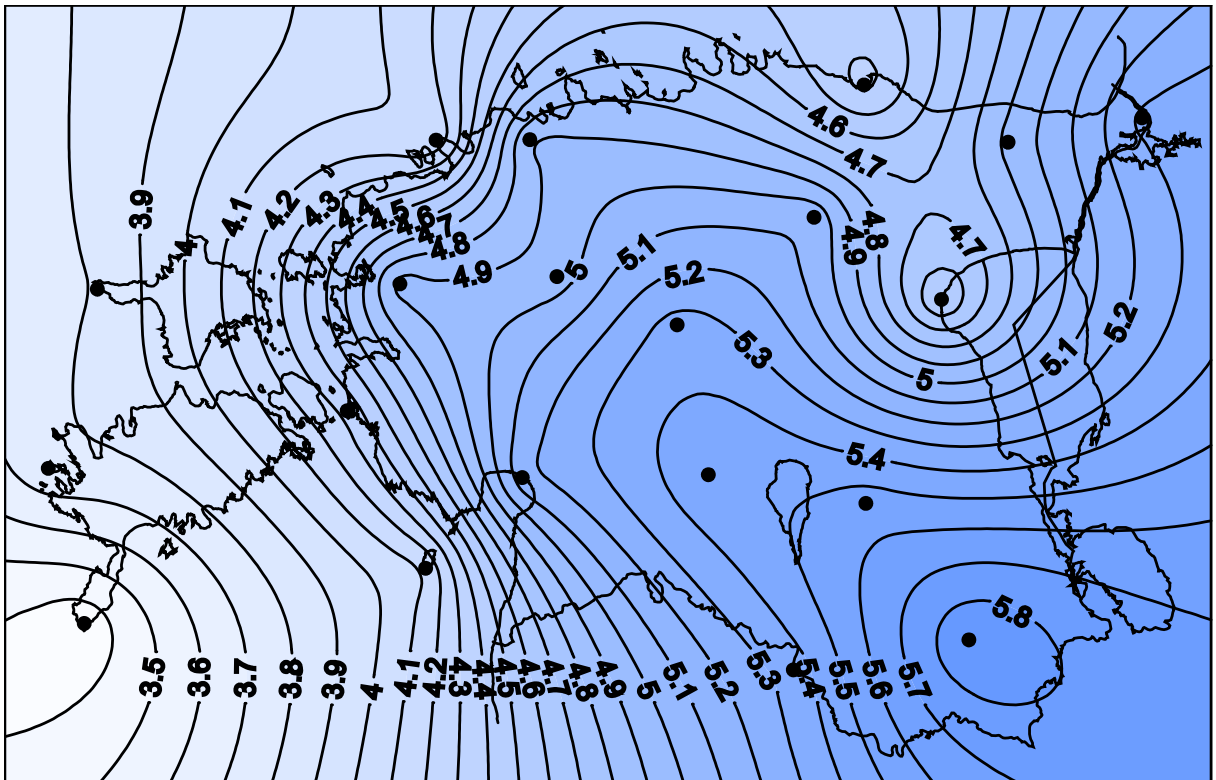
Sügisel ja talvel (joonis 15 ja joonis 16) on territoriaalne jaotus võrreldes suve, kevade ja Eesti keskmisega hoopis teistsugune. Maksimumväärtused esinevad rannikualadel ja saartel ning miinimum sisemaal, Pandivere kõrgustikul. Selline erinevus on seotud sesoonsete temperatuuri erinevustega, mistõttu on külmemal poolaastal rannikualad soojemad võrreldes sisemaaga ning sellest tulenevalt ka küllastav veeauru rõhk ja küllastusvajak suuremad. Samuti on territoriaalse jaotuse kontrastsus külmal poolaastal märksa väiksem ning seda eriti talvel, kui erinevused miinimum- ja maksimumväärtuse vahel on 0,5 hPa.



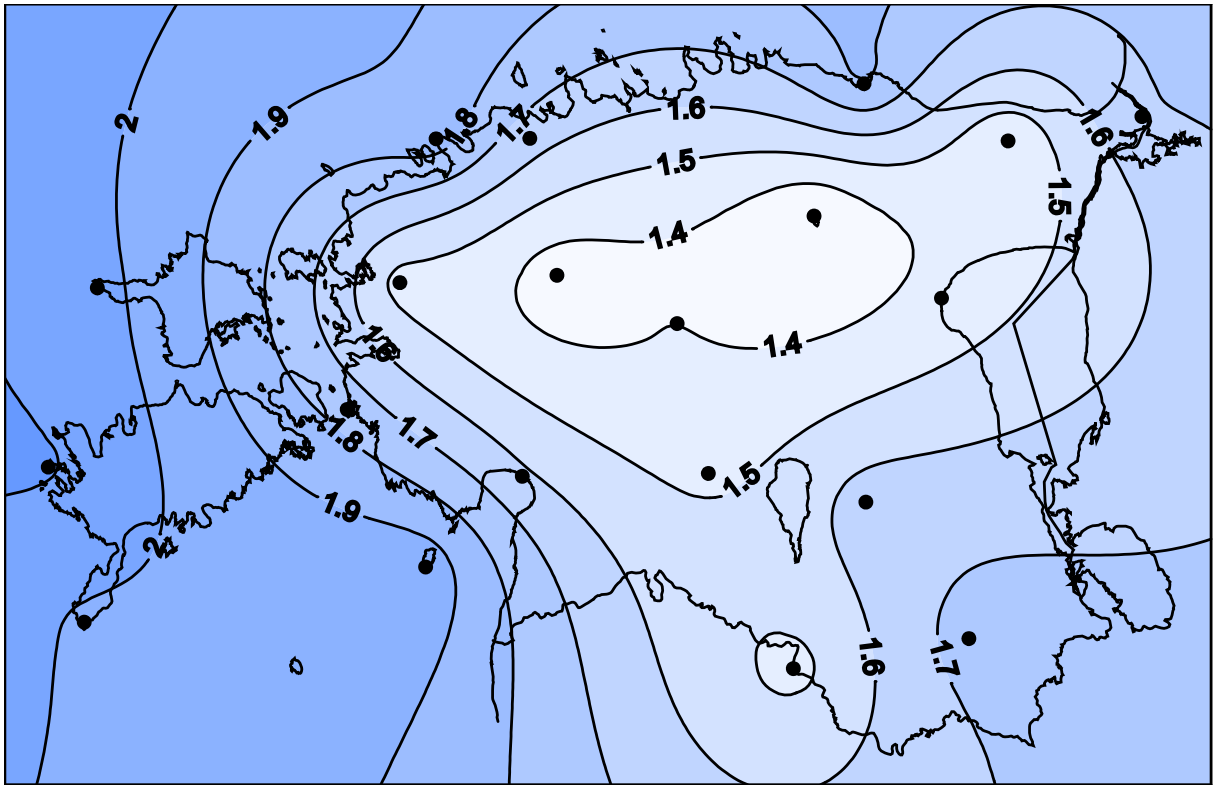
Joonis 12. Aasta keskmise küllastusvajaku territoriaalne jaotus.



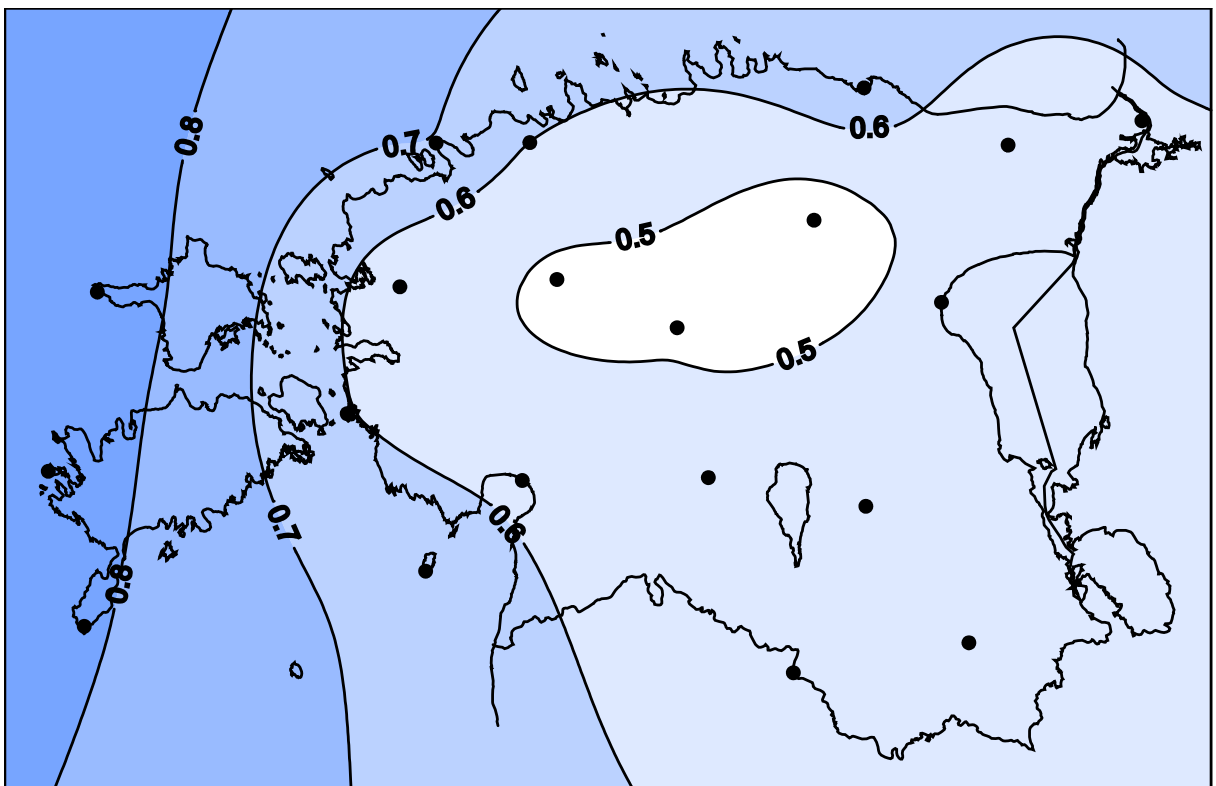
Joonis 13. Kevade (märts-mai) keskmine küllastusvajak (hPa).



Joonis 14. Suve (juuni-august) keskmine küllastusvajak (hPa).



Joonis 15. Sügise (september–november) keskmine küllastusvajak (hPa).



Joonis 16. Talve (detsember–veebruar) keskmine küllastusvajak (hPa).

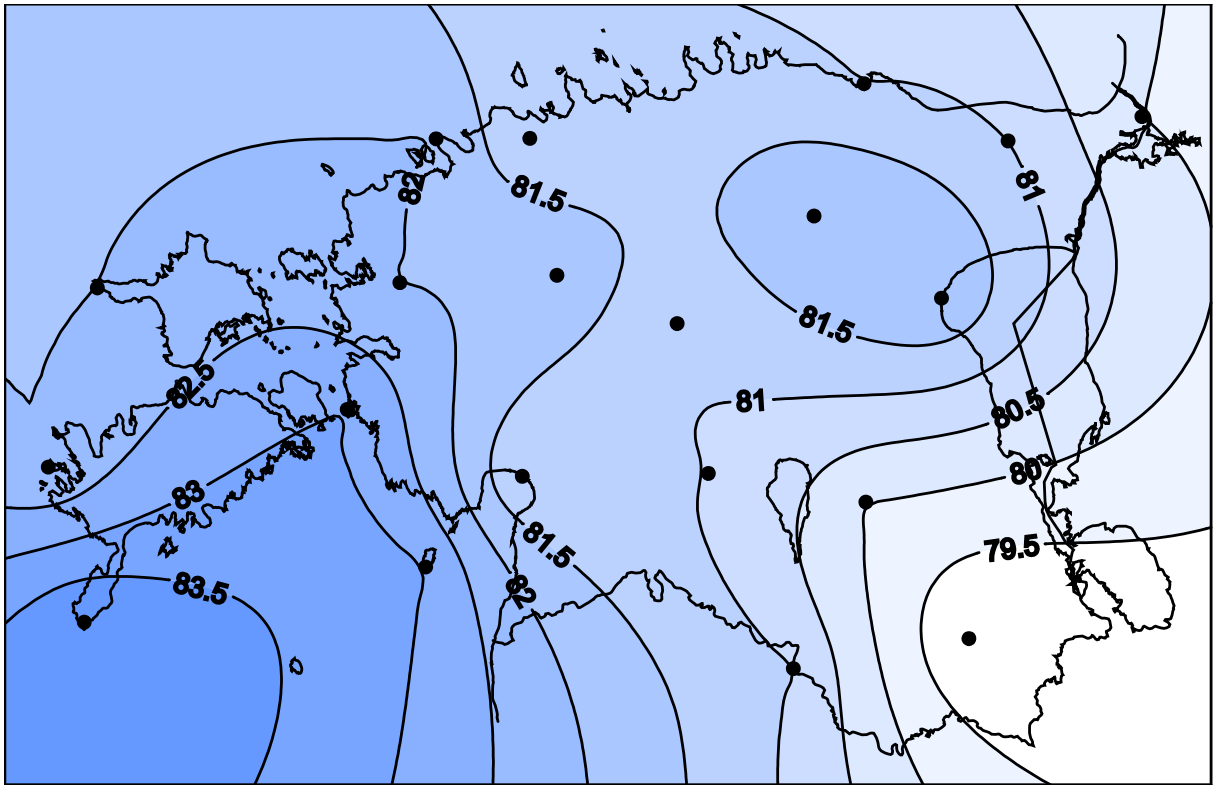
Saarte ja ranniku väiksemat aasta keskmist küllastusvajakut põhjustab mere mõju. Sealsete kõrgemate aasta temperatuuride ning sellest tuleneva kõrgema küllastatud veeauru rõhu tõttu võiks eeldada, et ka küllastusvajak on rannikul ja saartel kõrgem, kuid nii see ei ole. Veekogu lähedus tagab kõrgema õhu veeauru sisalduse ning sellest tulenevalt ka väiksema küllastusvajaku. Sellega on seletatav ka Peipsi rannikul paikneva Tiirikoja suhteliselt madalam küllastusvajak võrreldes lähiümbruses asuvate sisemaa jaamadega. Saarte ja lääneranniku väiksemat küllastusvajakut võrreldes sisemaa ning põhjarannikuga soodustavad ka Eestis valitsevad lääne- ja lõunakaarte tuuled. Läänerannikule ja saartele kandub seetõttu merelt niiskust, samal ajal sisemaale ja ka põhjarannikule tähendab see küllaltki kuiva õhu sissevoolu.

3.2.3 Suhteline õhuniiskus

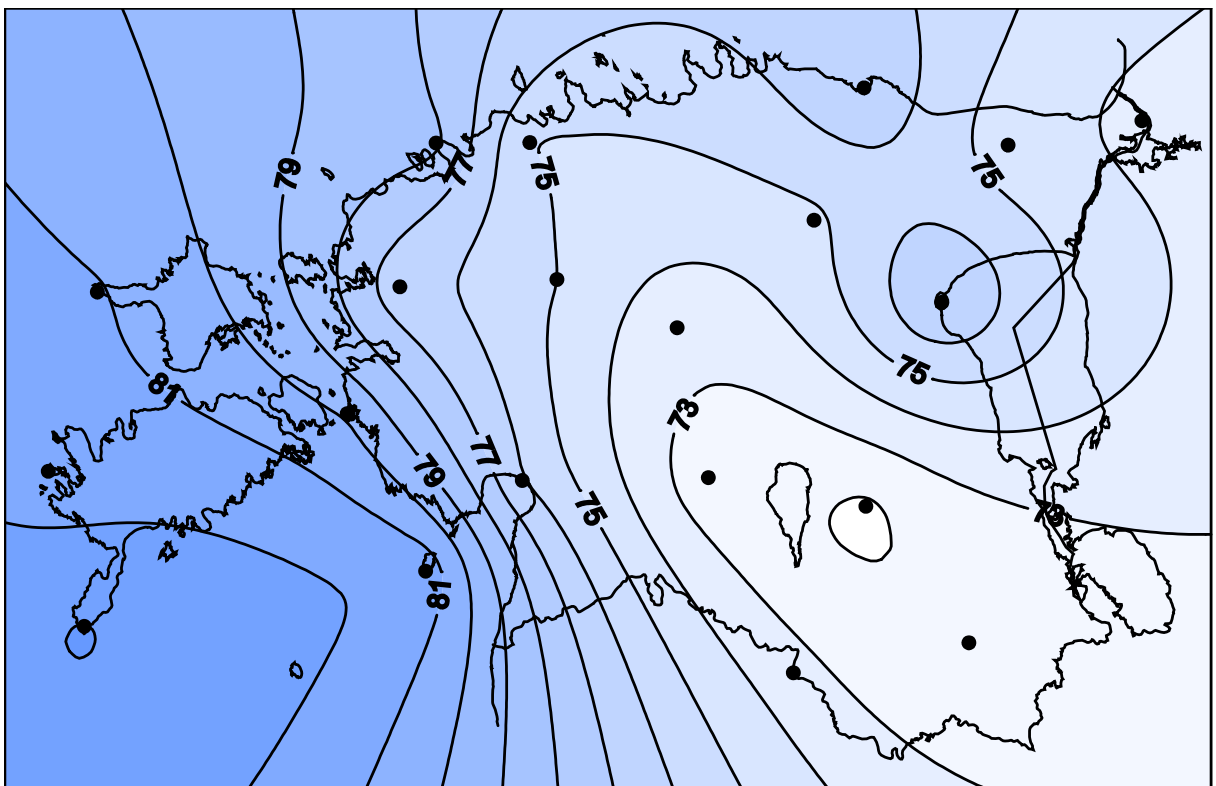
Aasta keskmise suhtelise õhuniiskuse territoriaalne jaotus on esitatud joonisel 17, kust ilmneb, et territoriaalsed erinevused ei ole väga suured. Madalaimad väärtused esinevad Narvas, Tartus ja Võrus, kus see näitaja jääb vahemikku 79–80%. Kõrgem on suhteline õhuniiskus Lääne-Eestis ja saartel ning maksimum esineb Sõrves, kus see aasta keskmisena on 84%. Muidu madala suhtelise õhuniiskusega sisemaal tulevad esile Peipsi rannikul paiknev Tiirikoja ning Väike-Maarja, kus see näitaja on ümbruskonnast pisut kõrgem.

Nii kevadine kui ka suvine territoriaalne jaotus on sarnane aasta keskmisele. Miinimum esineb mõlemal juhul Kagu-Eestis ning maksimum Sõrves. Soojal poolaastal on territoriaalsed kontrastid suhteliselt suured ning seda eriti kevadel, kui erinevused äärmusväärtuste vahel on rohkem kui 10%.

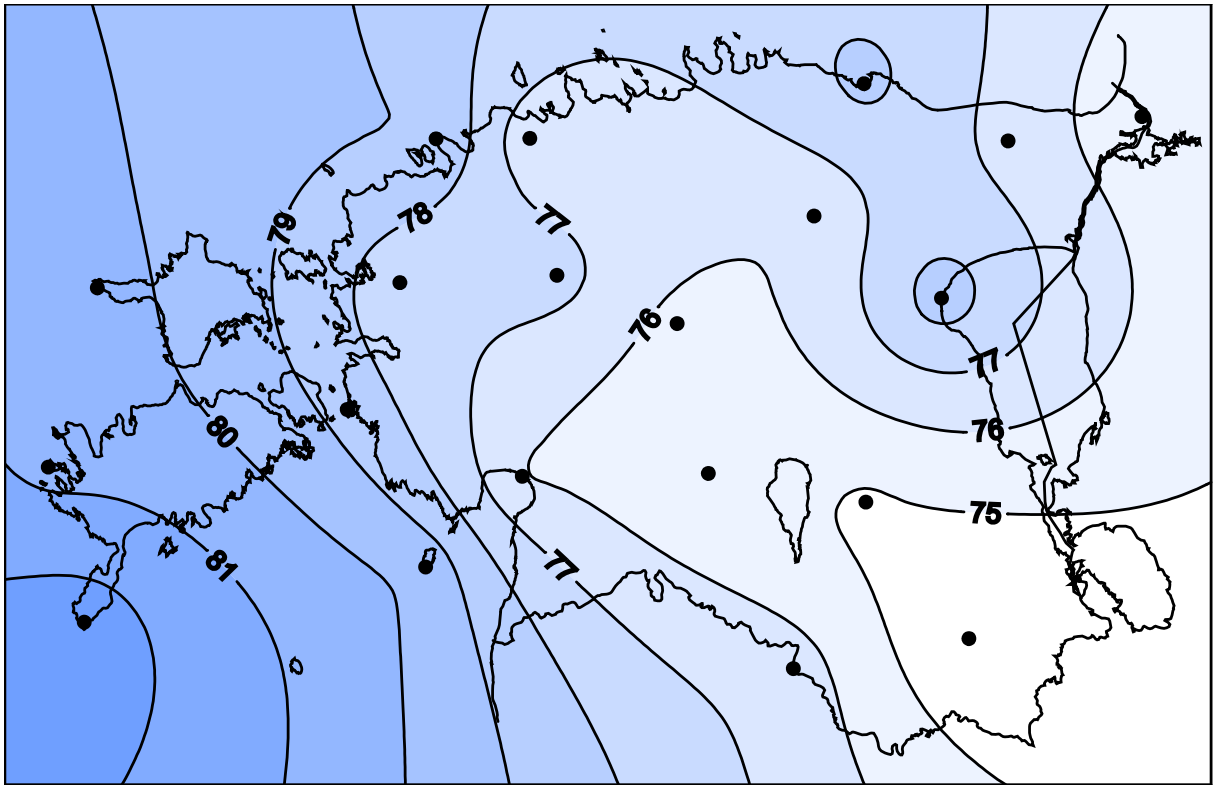
Talvel ja sügisel on erinevalt soojast poolaastast kõrgemad väärtused sisemaal ning madalamad rannikupiirkonnas ja territoriaalsed erinevused väiksemad. Maksimumväärtused esinevad nii sügisel kui ka talvel Väike-Maarjas, Türil ja Kuusikul, jäädes vahemikku 87–89%. Kõige madalam on suhteline õhuniiskus mõlemal aastaajal Lääne-Eesti rannikupiirkonnas, olles seal sügisel 82–83% ja talvel 85%. Sellised sesoonsed erinevused on seletatavad temperatuuri aastase käigu iseärasustega. Ka temperatuur on külmemal poolaastal mereäärsetes piirkondades kõrgem kui sisemaal ning sellest tulenevalt on suhteline õhuniiskus seal madalam ja vastupidi. Lisaks langeb kõrgema õhuniiskusega ala põhjapoolses Kesk-Eestis kokku ka sügisese jahtumiskeskusega.



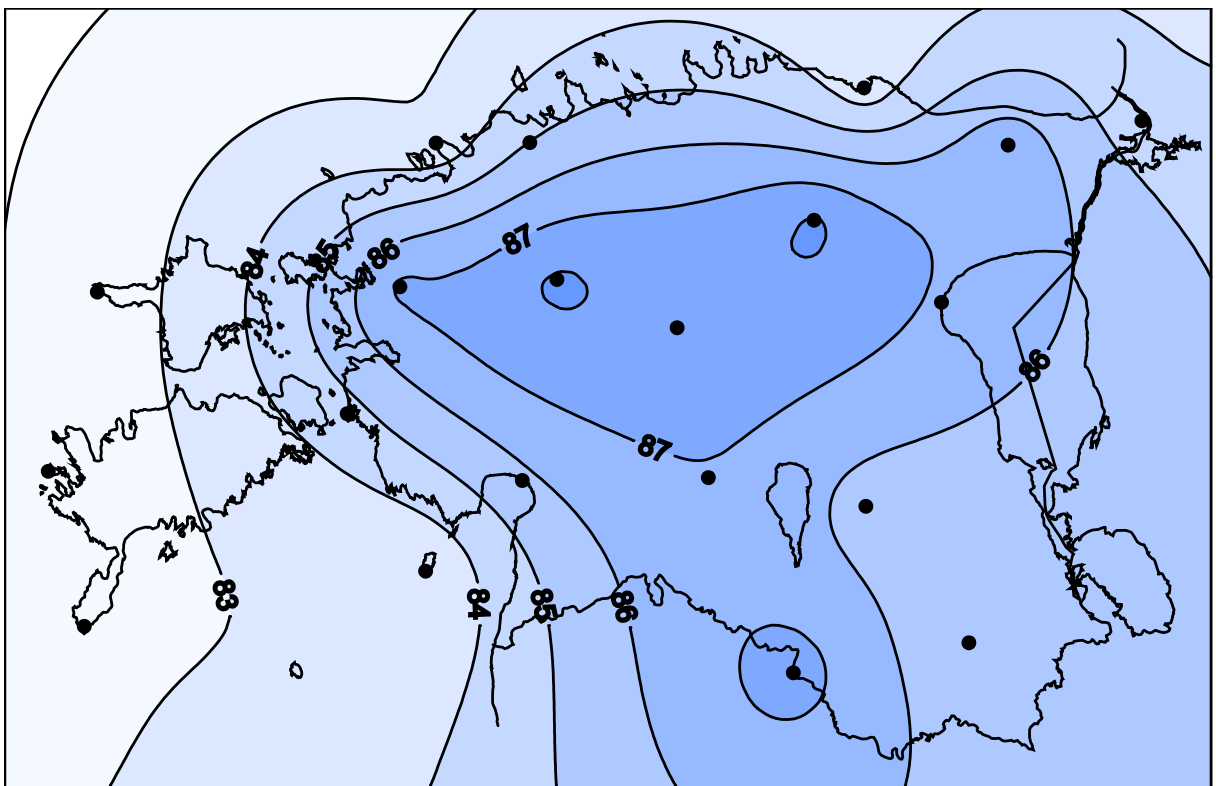
Joonis 17. Aasta keskmise suhtelise õhuniiskuse territoriaalne jaotus.



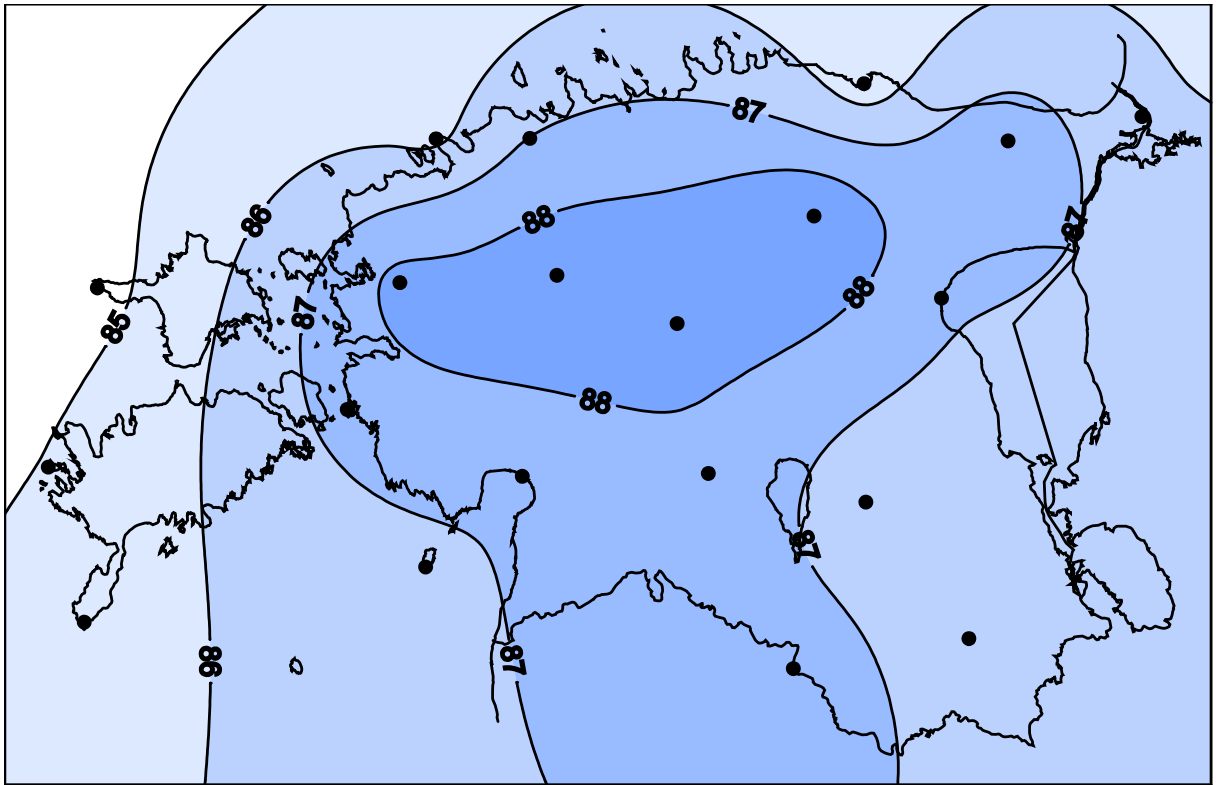
Joonis 18. Kevade (märts-mai) keskmine suhteline õhuniiskus (%).



Joonis 19. Suve (juuni-august) keskmine suhteline õhuniiskus (%).



Joonis 20. Sügise (september-detsember) keskmine suhteline õhuniiskus (%).



Joonis 21. Talve (detsember-veebruar) keskmine suhteline õhuniiskus (%).

Sarnaselt teistele näitajatele põhjustab suhtelise õhuniiskuse territoriaalseid erinevusi veekogu mõju või selle puudumine. Merelt tulev niiskus suurendab rannikujaamade veeauru sisaldust õhus ja selle läbi ka suhtelist õhuniiskust ning tänu jäävabale Läänemere keskosale ja Eestis valitsevatele läänetuultele on see kõige suurem läänerrannikul. Tiirikoja kõrgem suhteline õhuniiskus on seotud Peipsilt tuleva niiskusega ning tõenäoliselt kandub Peipsilt tulev niiskus mingil määral ka Väike-Maarjasse. Sealt kanduv niiskushulk pole küll sama suur kui rannikul, kuid tänu sealsetele madalamatele aastastele temperatuuridele on suhteline õhuniiskus seal siiski kõrgem, sest suhteline õhuniiskus sõltub lisaks veeauru sisaldusele ka õhutemperatuurist.

3.3 Aastatevaheline muutlikkus ja pikaajaline trend

3.3.1 Veeauru rõhk

Aastatevahelist veeauru rõhu absoluutset muutlikkust näitab kvartiilihaare, mille kuu keskmised väärtused jaamade kaupa perioodi 1948–2013 kohta on toodud tabelis 5. Kvartiilihaarde aastane käik vaheldub tõusude ja langustega (joonis 22). Aastatevaheline muutlikkus on maksimaalne juunis ja juulis, kuid suure muutlikkusega kuudena saab välja tuua veel ka jaanuari, veebruari ja septembri. See tähendab, et nendel kuudel võib veeauru

rõhk erinevatel aastatel olla kas väga kõrge või väga madal. Kõige väiksem kvartiilihaare on aprillis, kuid lisaks on see näitaja madal ka augustis ja novembris. Väike kvartiilihaare näitab, et erinevatel aastatel kõigub veeauru rõhk vähe.



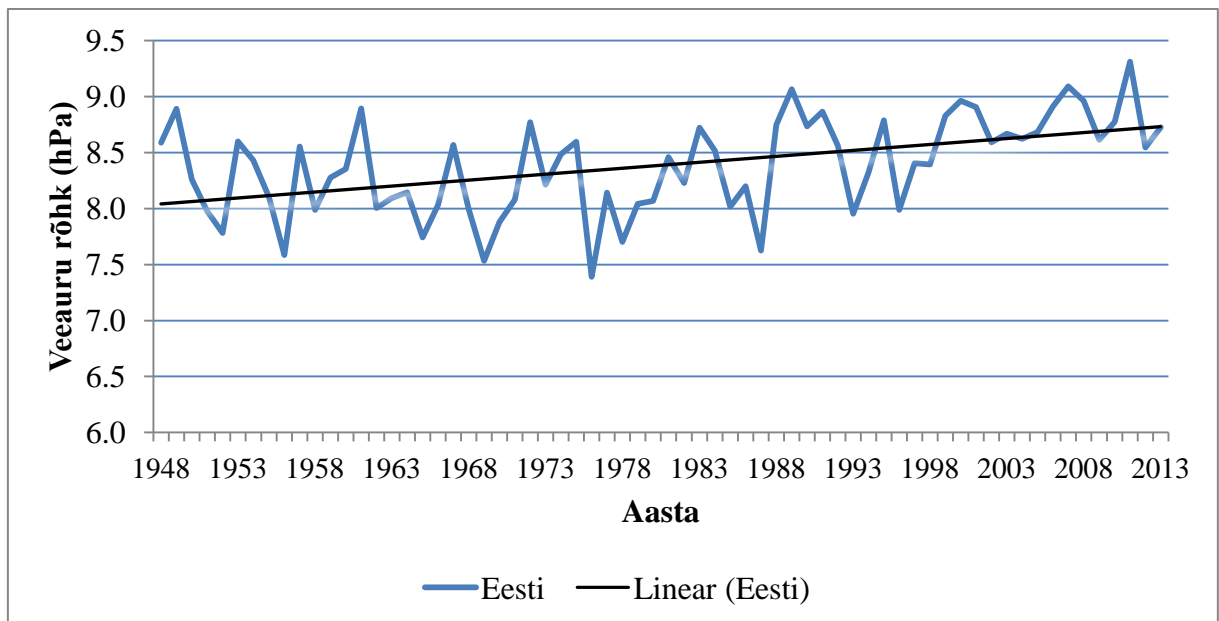
Joonis 22. Kuude keskmine veeauru rõhu kvartiilihaare perioodil 1948–2013 (hPa).

Tabel 5. Kuude ja aasta keskmised veeauru rõhu kvartiilihaarde väärtused perioodil 1948–2013 (hPa).

| Jaam | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ristna | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 0.9 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.4 | 1.0 | 1.3 | 1.3 |
| Kunda | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 1.1 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.4 | 1.3 |
| Kuusiku | 1.5 | 1.6 | 1.4 | 0.9 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 1.3 |
| Narva | 1.6 | 1.3 | 1.4 | 1.0 | 1.5 | 1.8 | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.4 |
| Pakri | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 0.7 | 1.1 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.2 | 1.3 | 1.3 |
| Pärnu | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 1.5 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.2 | 1.2 | 1.4 |
| Sõrve | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.4 | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.3 |
| Tallinn | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 0.8 | 1.1 | 1.6 | 1.3 | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.5 | 1.3 |
| Tartu | 1.7 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 1.0 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| Tiirikoja | 1.6 | 1.3 | 1.5 | 0.9 | 1.8 | 1.9 | 1.8 | 1.4 | 1.6 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 |
| Türi | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 0.9 | 1.7 | 1.7 | 1.4 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 1.4 | 1.4 |
| Valga | 1.8 | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 1.6 | 2.0 | 1.6 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| Viljandi | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 1.7 | 1.8 | 1.6 | 1.0 | 1.5 | 1.4 | 1.1 | 1.3 | 1.3 |
| Vilsandi | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 1.3 | 1.3 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 1.2 | 1.2 | 1.4 | 1.3 |
| Virtsu | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 1.0 | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 1.1 | 1.4 | 1.4 |
| Võru | 1.8 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 1.5 | 0.9 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.4 |
| Eesti | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.2 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |

Veeauru rõhu aastatevahelise erinevusi kuude lõikes saab peamiselt seletada sademete ja temperatuuri muutlikkusega. Juuni ja juuli kõrgeid kvartiilihaarde väärtusi põhjustab sademete suur varieeruvus sellel ajal ning sellest tulenev erinev õhu niiskussisaldus. Lisaks on juuni ja juuli kvartiilihaarde suuremad väärtused seotud ka veeauru rõhu absoluutselt suuremate väärtustega. Septembrikuised kvartiilihaarde väärtused on kõrgemad saartel ja läänerrannikul ning sisemaal on kõikumine väiksem sellel kuul. Kuna kvartiilihaare näitab absoluutset muutlikkust, siis võib seda põhjustada rannikujaamade kõrgem absoluutne veeauru rõhk ning samuti ka sademete ja temperatuuri aastatevaheline varieeruvus. Jaanuaris ja veebruaris põhjustab suuremat veeauru rõhu kõikumist suur õhutemperatuuri kõikumine ja atmosfääri tsirkulatsiooni erinevused nendel kuudel. Augustikuine madal veeauru rõhu muutlikkus on seletatav väikese õhutemperatuuri muutlikkusega sellel kuul. Novembris ja aprillis on õhutemperatuuri kõikumised suuremad, kuid veeauru rõhu väiksema muutlikkuse põhjuseks võib pidada küllaltki madalat sademete varieeruvust nendel kuudel.

Analüüsis kasutatud jaamade andmete põhjal arvutatud Eesti keskmise veeauru rõhu muutlikkusest perioodil 1948–2013 annab ülevaate joonis 23. Joonisele on lisatud ka pikaajaline trendi joon, mis näitab veeauru rõhu pikaajalist muutust uuritud ajavahemikul.



Joonis 23. Eesti keskmise veeauru rõhu muutlikkus ning trend perioodil 1948–2013.

Veeauru rõhu pikaajalist trendi on uuritud perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013. Mõlema perioodi veeauru rõhu muutuse väärtused on toodud vastavalt tabelites 6 ja 7 ning statistiliselt olulised väärtused (Mann-Kendalli testi väärtus $\geq 1,96$ või $\leq -1,96$) on esitatud poolpaksus

kirjas. Ilmneb, et aasta keskmine veeauru rõhk on mõlemal eelnevalt nimetatud ajavahemikul oluliselt tõusnud ning kiirem on olnud tõus perioodil 1964–2013. Veeauru rõhu tõus pole aga toimunud aasta jooksul ühtlaselt. Suurim tõus on perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013 toimunud juulis (joonis 24). Perioodil 1964–2013 on juulis statistiliselt oluline tõus toimunud kõigis kahekümnes jaamas, mida analüüsis kasutati. Pikemal perioodil analüüsiti kuueteistkümne jaama andmeid ning vaid Tallinna jaamas pole veeauru rõhu tõus juulis statistiliselt oluline. See võib olla seotud Tallinna jaama asukoha muutusega – alates 1980-ndast aastast on Tallinna jaam Harkus, varasemalt oli see aga mere ääres. Lisaks on mõlemal perioodil toimunud mitmetes jaamades oluline tõus jaanuaris, augustis ja aasta keskmisena. Ka novembris on veeauru rõhk näidanud mitmetes jaamades tõusutrendi ning seda eriti perioodil 1964–2013, kui kahekümnest uuringu all olevast jaamast on statistiliselt oluline tõus toimunud kuueteistkümnes. Üldise tendentsina ilmneb, et perioodi 1964–2013 tõusutrendid on olnud suuremad ning vaid märtsis on olukord vastupidine. Ajavahemikul 1948–2013 on märtsikuine veeauru rõhu tõus statistiliselt oluline kõigis analüüsis osalenud jaamades, välja arvatud Sõrves. Lühemal perioodil pole aga märtsis usaldusväärset tõusutrendi täheldatud. Perioodil 1948–2013 esineb üksikutes rannikujaamades olulist veeauru rõhu tõusu ka aprillist juunini ning hilisemal ajavahemikul lisaks eelnevalt nimetatud ajavahemikule ka septembris, kuid siis ei esine tõus enam mitte ainult rannikujaamades, vaid ka sisemaal.

Tabel 6. Kuude ja aasta keskmine veeauru rõhu muutus perioodil 1948–2013 (hPa).

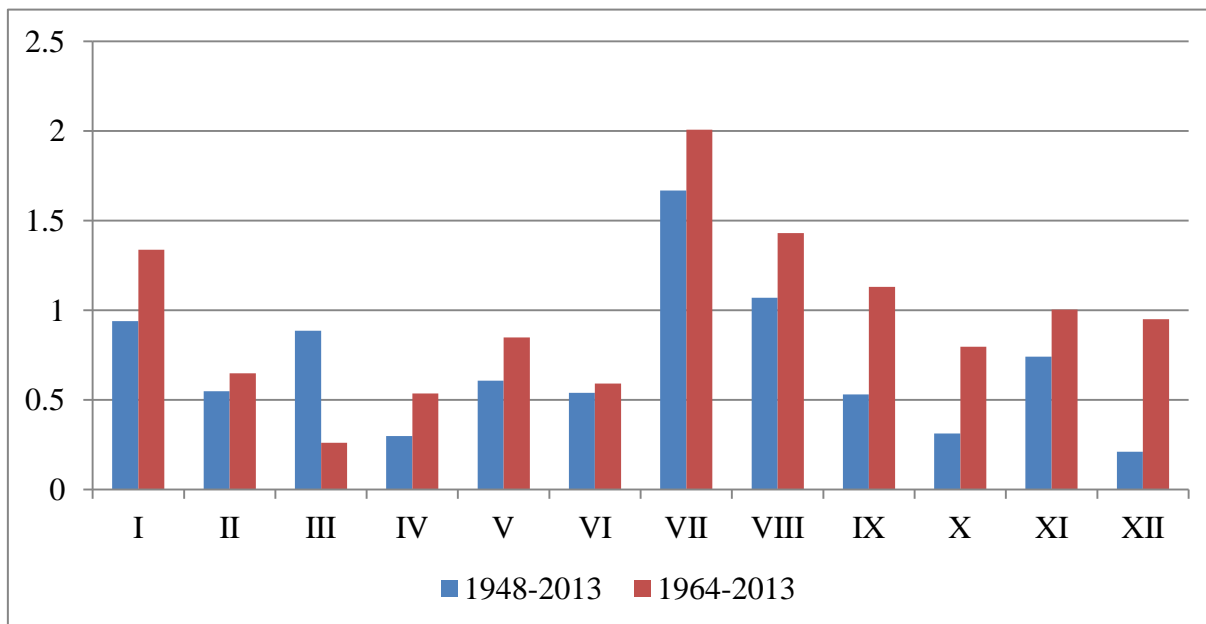
| Jaam | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|-----------|------------|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----|------|------------|-----|------------|
| Kunda | 0.9 | 0.6 | 0.8 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 1.7 | 1.0 | 0.7 | 0.4 | 0.7 | 0.1 | 0.7 |
| Kuusiku | 1.0 | 0.6 | 1.0 | 0.3 | 0.8 | 0.9 | 2.0 | 1.4 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.3 | 0.9 |
| Narva | 1.0 | 0.6 | 0.9 | 0.2 | 0.8 | 0.9 | 2.0 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | 0.7 | 0.2 | 0.8 |
| Pakri | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.9 | 0.8 | 1.8 | 1.3 | 0.5 | 0.1 | 0.7 | 0.0 | 0.8 |
| Pärnu | 1.1 | 0.7 | 1.1 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 1.2 | 0.6 | 0.0 | 0.2 | 0.9 | 0.3 | 0.6 |
| Ristna | 1.0 | 0.7 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.9 | 2.0 | 1.4 | 0.6 | 0.4 | 0.8 | 0.3 | 1.0 |
| Sõrve | 0.7 | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 0.7 | 0.5 | 1.5 | 1.1 | 0.3 | -0.1 | 0.5 | 0.0 | 0.7 |
| Tallinn | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.0 | -0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.8 | 0.0 | 0.4 |
| Tartu | 0.9 | 0.6 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.6 |
| Tiirikoja | 1.0 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 1.7 | 1.1 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 0.8 |
| Türi | 1.0 | 0.5 | 0.8 | 0.3 | 0.7 | 0.8 | 2.0 | 1.4 | 0.8 | 0.4 | 0.7 | 0.1 | 0.9 |
| Valga | 1.0 | 0.5 | 0.9 | 0.0 | 0.4 | 0.5 | 1.7 | 1.0 | 0.5 | 0.3 | 0.8 | 0.2 | 0.7 |
| Viljandi | 1.0 | 0.5 | 0.9 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 1.5 | 0.9 | 0.5 | 0.3 | 0.7 | 0.2 | 0.7 |
| Vilsandi | 0.9 | 0.7 | 0.9 | 0.8 | 1.3 | 1.1 | 2.2 | 1.7 | 0.8 | 0.3 | 0.8 | 0.4 | 1.1 |
| Virtsu | 1.0 | 0.6 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 0.6 | 2.2 | 1.5 | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 0.3 | 0.9 |
| Võru | 0.9 | 0.4 | 0.9 | 0.0 | 0.5 | 0.6 | 1.6 | 0.8 | 0.5 | 0.3 | 0.8 | 0.2 | 0.7 |
| Eesti | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 1.7 | 1.1 | 0.5 | 0.3 | 0.7 | 0.2 | 0.8 |

Tabel 7. Kuude ja aasta keskmine veeauru rõhu muutus perioodil 1964–2013 (hPa).

| Jaam | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-------|
| Jõhvi | 1.4 | 0.6 | 0.0 | 0.2 | 0.6 | 0.5 | 1.6 | 1.1 | 1.1 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |
| Kihnu | 1.1 | 0.6 | 0.3 | 0.8 | 1.0 | 0.5 | 1.9 | 1.7 | 1.2 | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 1.1 |
| Kunda | 1.3 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.9 | 0.6 | 2.0 | 1.5 | 1.4 | 1.0 | 1.1 | 0.9 | 1.0 |
| Kuusiku | 1.3 | 0.6 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 0.7 | 1.9 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Lääne-Nigula | 1.3 | 0.6 | 0.0 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 1.8 | 1.3 | 1.0 | 0.7 | 1.1 | 0.8 | 0.9 |
| Narva | 1.6 | 0.7 | 0.1 | 0.4 | 1.0 | 1.1 | 2.2 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 |
| Pakri | 1.1 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 1.1 | 0.9 | 2.3 | 1.6 | 1.3 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| Pärnu | 1.5 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 0.0 | 1.3 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 1.1 | 1.1 | 0.8 |
| Ristna | 1.2 | 0.8 | 0.5 | 0.9 | 1.4 | 0.8 | 2.2 | 1.7 | 1.5 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| Sõrve | 1.2 | 0.7 | 0.3 | 0.9 | 1.1 | 0.5 | 2.1 | 1.8 | 1.4 | 0.5 | 1.0 | 0.8 | 1.1 |
| Tallinn | 1.4 | 0.8 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 1.6 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 1.2 | 1.1 | 0.9 |
| Tartu | 1.5 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.0 | 1.9 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 0.9 |
| Tiirikoja | 1.6 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 2.0 | 1.8 | 1.3 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| Türi | 1.4 | 0.6 | 0.2 | 0.5 | 1.0 | 0.8 | 2.1 | 1.7 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
| Valga | 1.3 | 0.6 | 0.2 | 0.3 | 0.7 | 0.5 | 2.1 | 1.4 | 1.0 | 0.7 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |
| Viljandi | 1.5 | 0.6 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 1.8 | 1.2 | 0.9 | 0.6 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |
| Vilsandi | 1.2 | 0.8 | 0.6 | 1.1 | 1.6 | 1.2 | 2.8 | 2.1 | 1.6 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.3 |
| Virtsu | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 0.8 | 1.3 | 0.6 | 2.5 | 1.7 | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.2 |
| Võru | 1.4 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 2.0 | 1.3 | 0.9 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 0.8 |
| Väike-Maarja | 1.3 | 0.6 | 0.1 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 2.1 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |
| Eesti | 1.3 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 0.6 | 2.0 | 1.4 | 1.1 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 1.0 |

Veeauru rõhu pikaajalist tõusu saab seostada samaaegse temperatuuri ja sademete tõusuga Eestis. Eestis tehtud uuringutest selgub, et ajavahemikul 1951–2000 on keskmine soojenemine kümnendis olnud 1,0–1,7 °C (Jaagus, 2006) ning perioodil 1966–2010 1,6–2,0 °C (Jaagus, 2013), mis tähendab, et soojenemine pole toimunud ühtlaselt. Sellega on seletatav ka veeauru rõhu kiirem tõus perioodil 1964–2013, mis vastab küllaltki lähedast kiirema soojenemisega perioodile 1966–2010. Ka märtsikuine veeauru rõhu tõus perioodil 1948–2013 on seletatav samade uuringute tulemustega. Märtsis on statistiliselt oluline temperatuuri ja sademete tõus toimunud perioodil 1951–2000, kuid ajavahemikul 1966–2010 pole temperatuuri tõusu täheldatud ning sademete hulk on suurenenud üksikutes jaamades. Ka veeauru rõhk, mille analüüsi perioodid on üsna kattuvad temperatuuri uuringute ajavahemikega, on käitunud sarnaselt – perioodil 1948–2013 on märtsikuine veeauru rõhk tõusnud, kuid hilisemal ajavahemikul mitte. Statistiliselt oluline veeauru rõhu tõus jaanuaris, juulis ja augustis on samuti seotud samadel kuudel aset leidnud temperatuuri tõusudega pärast 60-nda aastaid ning jaanuaris on toimunud ka statistiliselt oluline sademete tõus. Novembris on veeauru rõhk tõusnud oluliselt just perioodil 1964–2013, kuid usaldusväärset temperatuuri ning sademete tõusu pole sellel perioodil novembris täheldatud. Küll aga on selle kuu

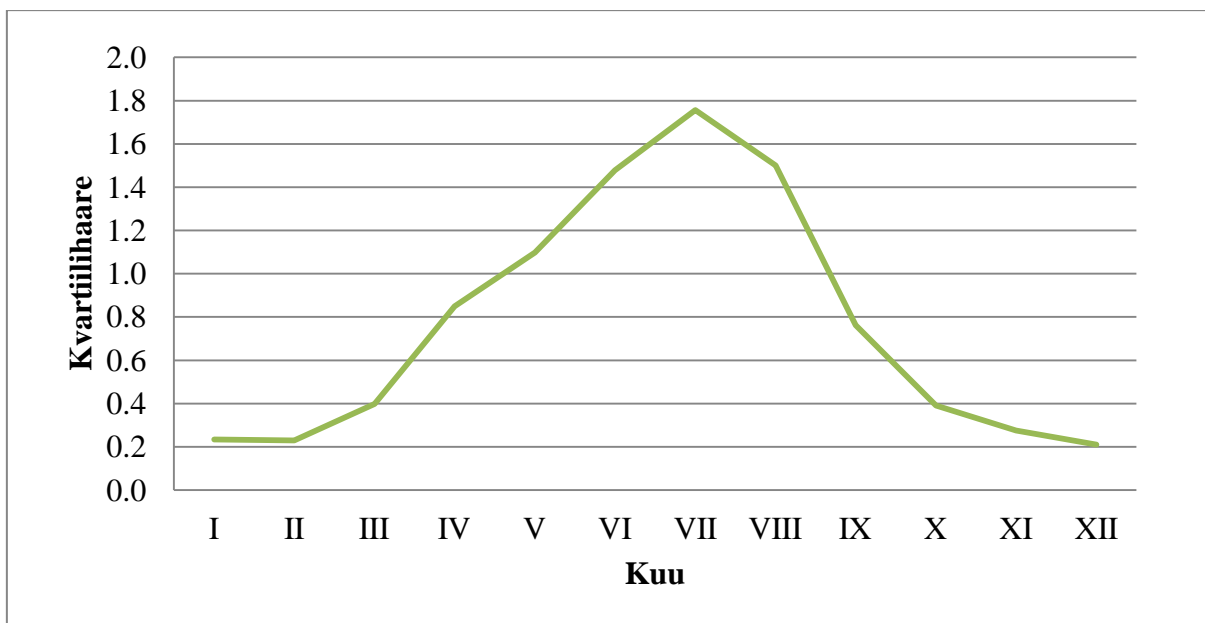
sademed tõusunud perioodil 1951–2000 ning see avaldub tõenäoliselt ka hilisema perioodi veeauru rõhu tõusus.



Joonis 24. Eesti keskmine veeauru rõhu muutus (hPa) trendi järgi perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013.

3.2.2 Küllastusvajak

Perioodi 1948–2013 küllastusvajaku aastate vahelist kõikumist näitab kvartiilihaare (tabel 8). Kvartiilihaarde kõrgemad väärtused on soojal poolaastal ning madalamad väärtused külmal poolaastal (joonis 25). Maksimum esineb juulis, olles 1,8 hPa ning edasi hakkab näitaja langema, saavutades miinimumi (0,2 hPa) talvekuudel: detsembris, jaanuaris ja veebruaris. Alates märtsist hakkab kvartiilihaare tõusma.



Joonis 25. Kuude keskmine küllastusvajaku kvartiilihaare perioodil 1948–2013 (hPa).

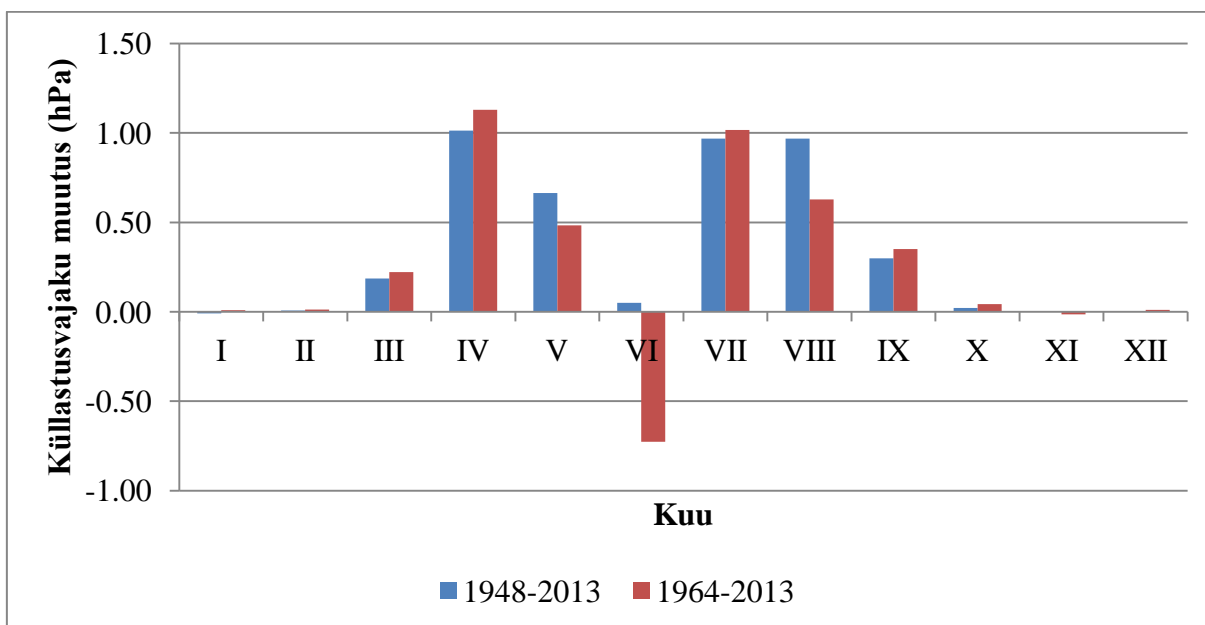
Tabel 8. Kuude ja aasta keskmised küllastusvajaku kvartiilihaarde väärtused perioodil 1948–2013 (hPa).

| Jaam | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ristna | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.3 | 1.4 | 1.1 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.7 |
| Kunda | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.7 |
| Kuusiku | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.1 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 0.7 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.7 |
| Narva | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 1.0 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.9 |
| Pakri | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.4 | 1.7 | 1.3 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.7 |
| Pärnu | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 1.2 | 1.1 | 1.6 | 2.1 | 1.4 | 0.8 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.8 |
| Sõrve | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.0 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.6 |
| Tallinn | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 1.0 | 1.5 | 1.6 | 2.0 | 1.4 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.8 |
| Tartu | 0.3 | 0.2 | 0.5 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 1.9 | 0.9 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.8 |
| Tiirikoja | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.7 | 1.5 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.7 |
| Türi | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 1.1 | 1.7 | 2.1 | 1.6 | 0.8 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.8 |
| Valga | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 1.1 | 1.2 | 1.6 | 2.1 | 2.0 | 1.0 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.9 |
| Viljandi | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 1.2 | 1.3 | 1.8 | 2.1 | 1.9 | 0.9 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.9 |
| Vilsandi | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 0.8 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.7 |
| Virtsu | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.9 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.6 |
| Võru | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 1.1 | 1.5 | 2.0 | 2.4 | 1.7 | 1.1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 1.0 |
| Eesti | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 0.8 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.8 |

Suur kvartiilihaarde väärtus soojal ajal tähendab suurelatuslikke küllastusvajaku kõikumisi sellel perioodil aastate viisi. See on seletatav suhteliselt suurte aastatevahelise sademete varieeruvusega, kuid väikese temperatuuri muutlikkusega suvisel ajal. Võib esineda suvesid, kus sademeid on väga vähe või väga palju, aga temperatuurid seejuures oluliselt ei erine. Kui temperatuur on püsiv, kuid sademed ja sellest tulenevalt ka õhu niiskussisaldus muutuvad aastatevaheliselt palju, siis on ka küllastuvajaki kõikumine suur. Ka talvine sademete

muutlikkus võib aastate lõikes tänu tsirkulatsiooni erinevustele olla üsna suur, kuid sellega kaasneb ka temperatuuri muutus ning küllastusvajak kõigub vähe. Tugeva läänevooluga kandub meile Põhja-Atlandilt suhteliselt sooja ning niisket õhku, põhjustades pehmet talveilma. Kui aga läänevool on nõrk, siis domineerib kõrgrõhkkond ning sellest tulenevalt ka külmad ja suhteliselt sademetevaesed talveilmad.

Küllastusvajaku pikaajalisi muutusi on uuritud perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013. Tabelites 9 ja 10 on toodud eelnevalt nimetatud perioodide küllastusvajaku muutused jaamade ja kuude kaupa. Ilmneb, et üldiselt on küllastusvajak tõusnud ning seda peamiselt soojal poolaastal, kuid välja saab tuua siiski languse, mis on toimunud juunis (joonis 26). Mõlemal perioodil on küllastusvajak oluliselt tõusnud aprillis ning varasemal perioodil on statistiliselt usaldusväärne tõus toimunud ka augustis ja aasta keskmisena. Aprillikuist tõusu perioodil 1948–2013 Sõrves, Võrus ja Eesti keskmisena demonstreerib joonis 27. Üldine tendents on, et aprillis on tõus olnud väiksem rannikujaamades, mida esindab Sõrve ning suurem tõus on toimunud sisemaal Kagu- ja Lõuna-Eestis, kus asub ka Võru. Aasta keskmisena on perioodil 1948–2013 suurim tõus toimunud Võrus ning ajavahemikul 1964–2013 Tartus, mis võib aga olla seotud ka jaama asukoha muutusega. Tartu meteoroloogia jaam vahetas asukohta 1997. aastal, kui see viidi Ülenurmelt Tõraverre. Väikseimad aastased muutused on toimunud nii pikemal kui ka lühemal perioodil rannikujaamades.



Joonis 26. Eesti keskmine küllastusvajaku muutus (hPa) trendi järgi perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013.

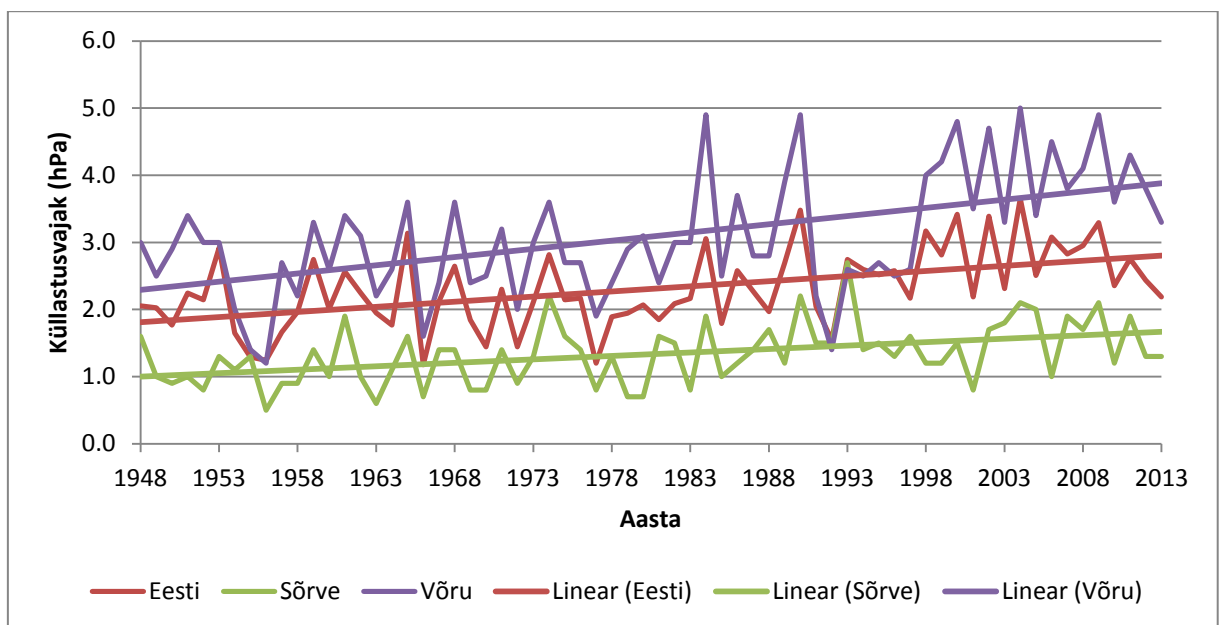
Tabel 9. Kuude ja aasta keskmine küllastusvajaku muutus perioodil 1948–2013 (hPa).

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Kunda | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.8 | 0.9 | 0.0 | 0.7 | 0.8 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Kuusiku | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.2 | -0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.0 | -0.3 | -0.2 | 0.0 | 0.1 |
| Narva | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.8 | 0.0 | -0.5 | 1.1 | 1.3 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.4 |
| Pakri | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.8 | 0.7 | 0.2 | 1.5 | 1.1 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.5 |
| Pärnu | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.5 | 1.1 | 0.4 | 1.2 | 1.1 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 |
| Ristna | -0.2 | -0.2 | 0.0 | 0.3 | -0.2 | -0.1 | 0.4 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | -0.1 | 0.0 | 0.1 |
| Sõrve | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.5 |
| Tallinn | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.0 | 1.8 | 1.4 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 |
| Tartu | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 1.7 | 1.2 | 0.4 | 1.2 | 1.3 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 |
| Tiirikoja | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 1.0 | 0.9 | 0.0 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Türi | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.2 | 0.6 | -0.4 | 1.1 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Valga | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.2 | 0.7 | -0.4 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | -0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| Viljandi | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.4 | 0.9 | 0.0 | 1.5 | 1.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 |
| Vilsandi | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.2 | 0.9 | 1.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| Virtsu | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 0.5 | 0.8 | 0.0 | -0.3 | -0.1 | -0.1 | 0.2 |
| Võru | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 1.5 | 1.2 | 0.0 | 1.5 | 1.3 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 |
| Eesti | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.0 | 0.7 | 0.1 | 1.0 | 1.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 |

Tabel 10. Kuude ja aasta keskmine küllastusvajaku muutus perioodil 1964–2013 (hPa).

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|---------------------|-----|-----|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|
| Jõhvi | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 1.3 | 0.6 | -0.9 | 1.3 | 0.6 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Kihnu | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.8 | 0.5 | -0.4 | 1.3 | 1.0 | 0.5 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Kunda | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.1 | 0.7 | -0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Kuusiku | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.3 | 0.5 | -0.9 | 1.3 | 0.5 | 0.2 | -0.2 | -0.1 | 0.0 | 0.2 |
| Lääne-Nigula | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 1.3 | 0.5 | -1.0 | 1.1 | 0.8 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Narva | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.9 | 0.0 | -1.0 | 1.6 | 1.2 | 0.8 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.4 |
| Pakri | 0.2 | 0.1 | 0.5 | 0.7 | 0.0 | -0.9 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.3 |
| Pärnu | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.5 | 0.9 | -0.7 | 1.1 | 0.8 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Ristna | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.4 | -0.3 | -0.9 | 0.7 | 0.8 | 0.4 | 0.1 | -0.2 | 0.0 | 0.1 |
| Sõrve | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.6 | 0.6 | 0.0 | 0.6 | 0.8 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Tallinn | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 1.4 | 0.8 | -0.9 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Tartu | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 1.8 | 1.0 | 0.0 | 1.4 | 0.8 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 |
| Tiirikoja | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.0 | 0.7 | -0.7 | 0.7 | 0.1 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| Türi | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 1.4 | 0.3 | -1.1 | 1.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| Valga | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.7 | 0.7 | -0.7 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| Viljandi | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 1.5 | 0.6 | -0.9 | 1.0 | 0.3 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| Vilsandi | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | -0.7 | 0.6 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | 0.0 | 0.0 |
| Virtsu | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | -0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.0 | -0.2 | -0.2 | 0.0 | 0.1 |
| Võru | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.6 | 0.9 | -0.6 | 1.5 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 |
| Väike-Maarja | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.6 | 0.8 | -0.9 | 1.0 | 0.5 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| Eesti | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.1 | 0.5 | -0.7 | 1.0 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |

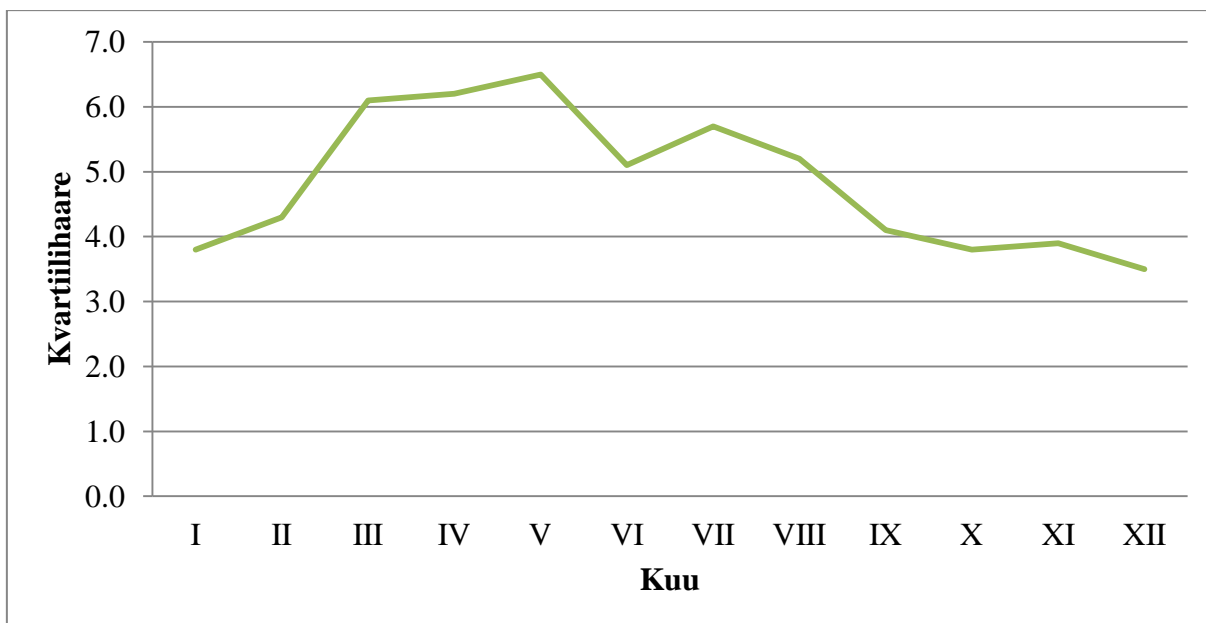
Niiskusedfitsiidi ehk küllastusvajaku kasvu või langust põhjustavad muutused küllastunud või tegelikus veeauru rõhus, mis võivad tuleneda sademete või temperatuuride muutustest. Soojal poolaastal on küllastusvajaku tõus seletatav soojenemisega, mis on Eestis aset leidnud 20. sajandi teisel poolel (Jaagus, 2006, 2013). Temperatuuri tõus toob kaasa küllastunud veeauru rõhu tõusu ning sellest tulenevalt ka küllastusvajaku suurenemise. Aprillis on toimunud lisaks temperatuuri tõusule ka statistiliselt oluline sademete vähenemine, mistõttu on suurim küllastusvajaku tõus toimunud just sellel kuul. Küllastusvajaku langust juunis saab seletada sademete tõusuga, mis toob kaasa tegeliku veeauru rõhu tõusu ning lisaks on juunile iseloomulik ka mõningane õhutemperatuuri langus. Territoriaalselt on suurim soojenemine toimunud Kagu-Eestis (Võrus) (Jaagus, 2006) ning seetõttu on ka küllastusvajaku aprillikuine ning Eesti aasta keskmine tõus suurim just Kagu- ja Lõuna-Eestis.



Joonis 27. Küllastusvajaku aprillikuine muutlikkus ja pikaajaline trend Sõrves, Võrus ja Eesti keskmisena perioodil 1948–2013.

3.2.3 Suhteline õhuniiskus

Suhtelise õhuniiskuse aastatevaheline muutlikkus on perioodil 1948–2013 suurim kevadel, kui kvartiilihaarde väärtused jäävad vahemikku 6,1–6,5% (joonis 28). Septembrist veebruarini on aastatevahelised erinevused väiksemad ning miinimum esineb jaanuaris. Tabelis 11 on toodud kvartiilihaarde väärtused jaamade ja kuude kaupa.



Joonis 28. Kuude keskmised suhtelise õhuniiskuse kvartiilihaarde väärtused perioodil 1948–2013 (%).

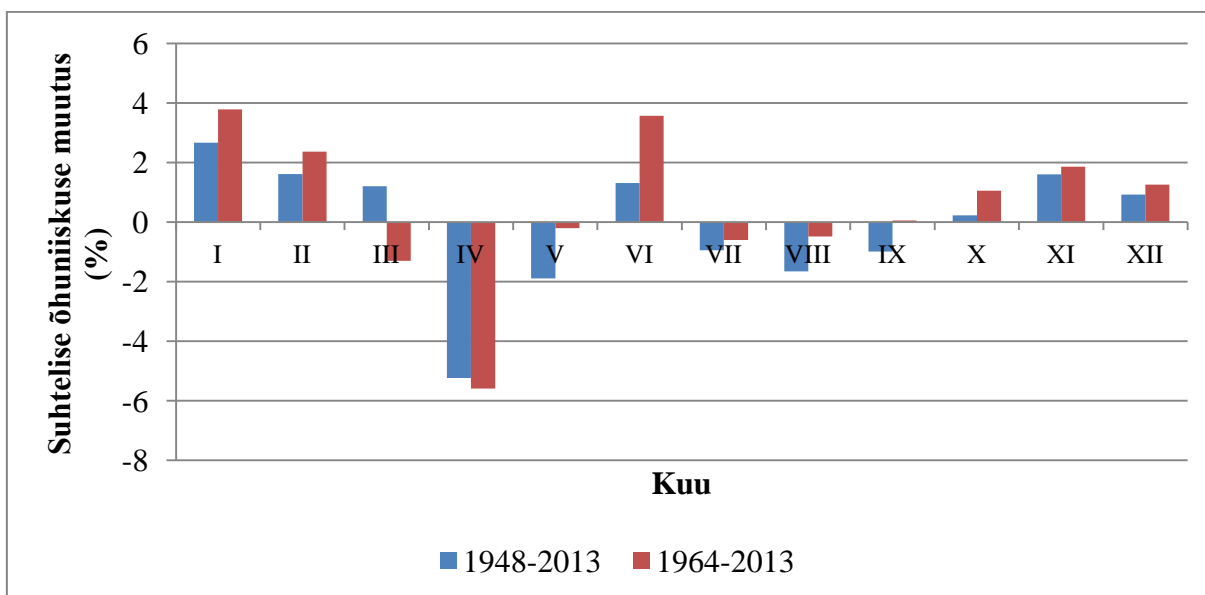
Tabel 11. Kuude ja aasta keskmised suhtelise õhuniiskuse kvartiilihaarde väärtused perioodil 1948–2013 (%).

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ristna | 4.0 | 5.0 | 7.0 | 5.0 | 7.0 | 5.8 | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 4.8 | 6.0 | 4.0 | 5.1 |
| Kunda | 3.0 | 3.8 | 5.0 | 4.0 | 5.5 | 3.0 | 5.0 | 4.0 | 4.8 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 4.3 |
| Kuusiku | 4.0 | 4.0 | 8.0 | 4.8 | 6.8 | 5.0 | 6.0 | 4.0 | 3.0 | 3.8 | 4.5 | 3.0 | 4.7 |
| Narva | 3.0 | 4.8 | 5.0 | 5.8 | 6.5 | 5.0 | 6.0 | 7.8 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 4.0 | 5.1 |
| Pakri | 3.0 | 4.5 | 6.0 | 7.8 | 7.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.8 | 4.8 | 4.0 | 5.0 | 5.1 |
| Pärnu | 5.0 | 4.0 | 7.0 | 7.8 | 8.0 | 5.0 | 5.0 | 4.8 | 4.0 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 5.0 |
| Sõrve | 4.8 | 4.0 | 5.8 | 6.0 | 7.0 | 6.0 | 4.8 | 5.0 | 4.8 | 4.0 | 3.8 | 5.0 | 5.1 |
| Tallinn | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 5.8 | 6.0 | 6.0 | 6.5 | 5.0 | 4.0 | 3.8 | 4.0 | 3.8 | 5.0 |
| Tartu | 4.0 | 3.8 | 5.0 | 7.0 | 6.8 | 5.0 | 7.0 | 6.0 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.8 |
| Tiirikoja | 2.8 | 4.0 | 5.8 | 6.0 | 6.0 | 4.0 | 5.8 | 4.0 | 3.8 | 4.0 | 3.0 | 2.8 | 4.3 |
| Türi | 4.0 | 4.0 | 6.8 | 6.0 | 6.0 | 5.0 | 6.0 | 6.0 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 2.8 | 4.7 |
| Valga | 4.0 | 4.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 6.8 | 4.8 | 3.0 | 2.8 | 3.0 | 4.9 |
| Viljandi | 3.0 | 4.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | 4.8 | 6.0 | 6.0 | 3.8 | 3.0 | 3.0 | 2.8 | 4.7 |
| Vilsandi | 4.0 | 4.8 | 7.0 | 7.0 | 6.8 | 5.8 | 4.0 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 5.1 |
| Virtsu | 4.0 | 4.8 | 5.8 | 6.0 | 6.0 | 5.0 | 4.8 | 4.0 | 4.0 | 3.8 | 4.0 | 2.0 | 4.5 |
| Võru | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 7.0 | 6.0 | 5.8 | 7.0 | 6.5 | 3.8 | 3.0 | 4.0 | 3.8 | 5.1 |
| Eesti | 3.8 | 4.3 | 6.1 | 6.2 | 6.5 | 5.1 | 5.7 | 5.2 | 4.1 | 3.8 | 3.9 | 3.5 | 4.8 |

Külmal ajal võib ilm olla väga heitlik, kuid sademete ning temperatuuri muutused toimuvad üldiselt samaaegselt ning seetõttu kõigub õhuniiskus aastate lõikes talvisel ajal vähe. Kevadist suurt suhtelise õhuniiskuse muutlikkust on seletada keerulisem. Nii temperatuuri kui ka sademete absoluutne muutlikkus ei ole sellel ajal märkimisväärselt suur. Küll aga on sademete

suhteline muutlikkus, mida näitab variatsioonikordaja kevadisel ajal üsna suur (Jaagus, 2013) ning see võib olla üheks põhjuseks suhtelise õhuniiskuse suurele varieeruvusele sellel aastaajal. Lisaks võib kevadine suur varieeruvus olla seotud ka talviste lumeolude aastatevahelise mutlikkusega, mis põhjustab kevadisi lume ja jää sulamise erinevusi ning sellest tulenevalt on ka auramine erinev.

Samal ajal kui veeauru rõhk on Eestis oluliselt tõusnud 20. sajandi teisel poolel, siis suhteline õhuniiskuse on jäänud oluliste muutusteta. Märkimisväärseid muutusi on toimunud vaid üksikute kuude lõikes. Tabelites 12 ja 13 on toodud suhtelise õhuniiskuse pikaajalised muutused jaamade ja kuude kaupa vastavalt perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013. Välja saab tuua suhtelise õhuniiskuse tõusu mõlemal perioodil jaanuaris ning languse aprillis (joonis 29). Lisaks ilmneb, et aprillikuine langus on toimunud pigem sisemaa jaamades ja mitmetes rannikujaamades pole statistiliselt olulist muutust toimunud. Seda muutust demonstreerib ka ka joonis 30, kus on toodud Võru kui sisemaa jaama ja Ristna kui rannikujaama aprillikuine muutus perioodil 1948–2013. Ka veebruaris, juunis ja novembris saab rääkida statistiliselt olulisest suhtelise õhuniiskuse tõusust paljudes jaamades. Veebruaris ja juunis on muutus toimunud eelkõige perioodil 1964–2013, kui statistiliselt oluline tõus on toimunud vastavalt seitsmes ja kaheksas jaamas kahekümnest. Kui vaadata aastaseid muutusi jaamade lõikes, siis on pilt üsna erinev – on jaamasid, kus aastane suhteline õhuniiskuse on tõusnud ning vastupidi. Eesti aasta keskmine suhteline õhuniiskuse on ajavahemikul 1948–2013 pisut langenud ning perioodil 1964–2013 tõusnud, kuid need muutused on statistiliselt mitteolulised.



Joonis 29. Eesti keskmine suhtelise õhuniiskuse muutus (%) trendi järgi perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013.

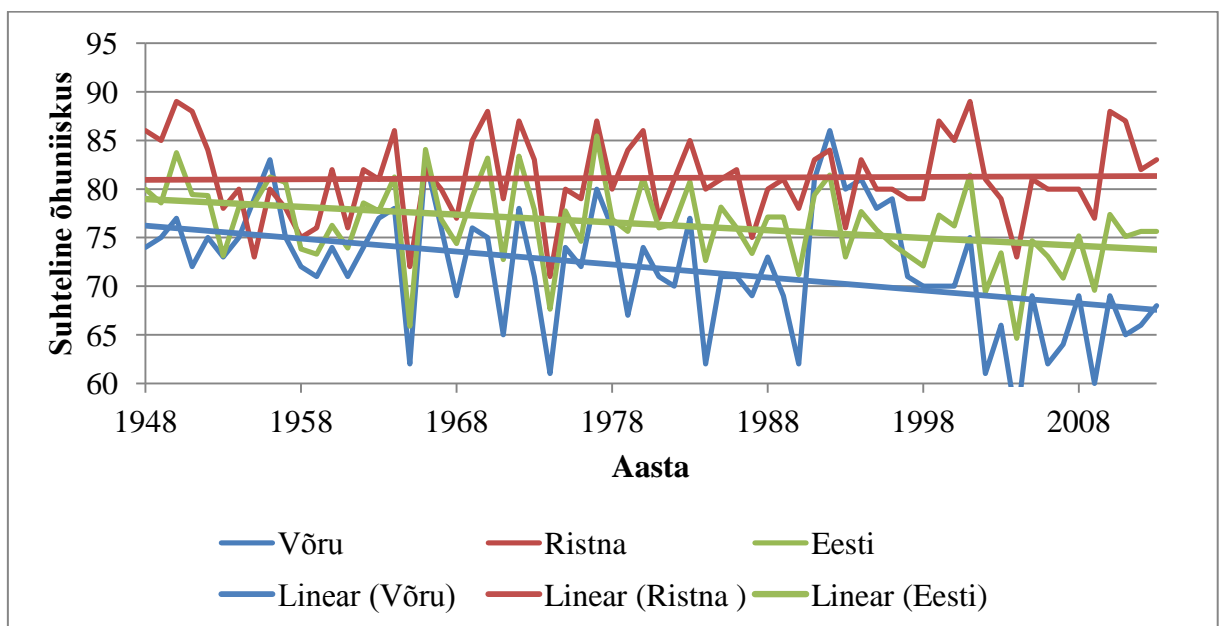
Tabel 12. Kuude ja aasta keskmine suhtelise õhuniiskuse muutus perioodil 1948–2013 (%).

| Jaam | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|-----------|-----|-----|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Kunda | 2.9 | 0.0 | 1.2 | -3.4 | -2.8 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 0.0 | 0.1 |
| Kuusiku | 5.1 | 3.2 | 3.8 | -2.8 | 1.7 | 5.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.9 | 4.7 | 3.7 | 2.6 |
| Narva | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -4.8 | 0.0 | 3.1 | -1.0 | -3.4 | -3.5 | -2.8 | -1.4 | -1.4 | -1.1 |
| Pakri | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -6.3 | -2.8 | 0.0 | -2.4 | -2.5 | -1.5 | -2.1 | 0.0 | -2.5 | -2.1 |
| Pärnu | 4.0 | 4.0 | 1.5 | -8.3 | -3.4 | 0.0 | 0.0 | -2.1 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 2.8 | 0.1 |
| Ristna | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 0.0 | 3.3 | 2.8 | 0.0 | -1.6 | 0.0 | 1.1 | 3.3 | 2.3 | 2.5 |
| Sõrve | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5.0 | -4.6 | -1.0 | -1.8 | -3.9 | -3.1 | -2.4 | 0.0 | 0.0 | -2.2 |
| Tallinn | 3.9 | 2.6 | 0.0 | -6.8 | -7.1 | -3.4 | -4.3 | -3.7 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 1.8 | -1.2 |
| Tartu | 2.8 | 0.0 | -1.5 | -10.2 | -4.4 | 0.0 | -2.1 | -2.3 | -1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.9 |
| Tiirikoja | 2.1 | 2.5 | 1.5 | -6.0 | -3.5 | 1.5 | 1.2 | 0.0 | -2.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.2 |
| Türi | 2.2 | 0.0 | 0.0 | -5.9 | 0.0 | 3.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 1.1 | 0.0 | 0.4 |
| Valga | 3.0 | 0.0 | 1.7 | -6.4 | 0.0 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 2.8 | 1.7 | 0.8 |
| Viljandi | 2.7 | 1.8 | 1.2 | -7.1 | -3.0 | 1.5 | -1.9 | -2.1 | -1.3 | 0.0 | 2.2 | 2.1 | -0.2 |
| Vilsandi | 2.6 | 2.3 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -2.2 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 1.3 | 0.7 |
| Virtsu | 4.4 | 3.9 | 2.9 | -2.4 | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 3.1 | 3.0 | 1.7 |
| Võru | 1.1 | 0.0 | 0.0 | -8.5 | -3.9 | 1.4 | -2.9 | -2.6 | -2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -2.1 |
| Eesti | 2.7 | 1.6 | 1.2 | -5.2 | -1.9 | 1.3 | -0.9 | -1.6 | -1.0 | 0.2 | 1.6 | 0.9 | -0.1 |

Tabel 13. Kuude ja aasta keskmine suhtelise õhuniiskuse muutus perioodil 1964–2013 (%).

| Jaam | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Aasta |
|--------------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|-------|
| Jõhvi | 3.9 | 0.0 | -2.4 | -7.7 | 0.0 | 4.3 | -2.8 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| Kihnu | 1.6 | 2.7 | -2.1 | -5.0 | -1.5 | 1.6 | -1.1 | -2.2 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.0 | -0.5 |
| Kunda | 3.8 | 0.0 | 0.0 | -5.9 | -2.2 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 1.5 | 0.0 | 0.5 |
| Kuusiku | 4.9 | 2.7 | 0.0 | -5.4 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 3.3 | 3.1 | 1.4 |
| Lääne-Nigula | 3.6 | 0.0 | -3.6 | -6.3 | 0.0 | 4.5 | 0.0 | -1.1 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 0.0 | 0.0 |
| Narva | 1.4 | 0.0 | -2.8 | -5.6 | 2.0 | 3.8 | -3.1 | -3.3 | -3.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.9 |
| Pakri | 0.0 | 0.0 | -4.4 | -5.6 | 2.2 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -2.2 | 0.0 | -1.8 | -0.9 |
| Pärnu | 5.6 | 5.0 | 0.0 | -7.9 | -2.6 | 3.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 2.8 | 2.9 | 0.8 |
| Ristna | 4.4 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 5.0 | 0.0 | -1.6 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 2.6 | 2.1 |
| Sõrve | 3.3 | 3.8 | -1.4 | -2.6 | -2.1 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.1 | 1.7 | 0.5 |
| Tallinn | 3.8 | 2.4 | -3.4 | -7.1 | -1.9 | 4.4 | -1.3 | -1.4 | 0.0 | 1.6 | 1.9 | 1.1 | 0.0 |
| Tartu | 6.5 | 3.6 | -1.2 | -9.0 | -3.3 | 0.0 | -2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 1.9 | -0.2 |
| Tiirikoja | 4.5 | 2.9 | 0.0 | -5.3 | 0.0 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 2.0 | 2.7 | 0.7 |
| Türi | 4.3 | 2.8 | 0.0 | -5.3 | 0.0 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 2.2 | 1.6 | 1.1 |
| Valga | 3.3 | 1.9 | -1.5 | -8.0 | 0.0 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 1.8 | 0.0 | 0.3 |
| Viljandi | 5.4 | 4.2 | 0.0 | -6.4 | 0.0 | 3.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 2.9 | 3.3 | 1.2 |
| Vilsandi | 3.3 | 4.3 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 1.2 | 3.5 | 2.8 | 1.9 |
| Virtsu | 5.3 | 3.8 | 0.0 | -2.1 | 2.2 | 4.5 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 3.7 | 3.4 | 3.1 | 2.4 |
| Võru | 2.9 | 0.0 | -1.6 | -8.9 | -1.5 | 3.0 | -1.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.4 |
| Väike-Maarja | 3.7 | 2.5 | -1.7 | -8.0 | -1.7 | 4.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.4 |
| Eesti | 3.8 | 2.4 | -1.3 | -5.6 | -0.2 | 3.6 | -0.6 | -0.5 | 0.1 | 1.1 | 1.9 | 1.3 | 0.5 |

Statistiliselt olulised suhtelise õhuniiskuse muutused on peamiselt seletatavad samaaegsete sademete ja temperatuuride muutustega. Nii jaanuaris kui ka veebruaris on 20. sajandi teisel poolel sademetehulgad ning õhutemperatuur Eestis tõusnud (Jaagus, 2006, 2013). Lisaks on talvine suhtelise õhuniiskuse tõus seotud ka läänevoolu tugevnemisega alates 1980-ndatest aastatest (Jaagus, 2013). Läänevooluga saabub Atlandilt soe mereline õhk, mis põhjustab pehmet talveilma ning õhu veeauru sisalduse suurenemist. Aprillikuud iseloomustab aga viimastel aastakümnetel sademete vähenemine ning temperatuuri tõus ja sellest tuleneb ka statistiliselt oluline suhtelise õhuniiskuse langus sellel kuul. Ka juuni ning novembri suhtelise õhuniiskuse tõusu võib seostada sademehulkade suurenemisega nendel kuudel. Suhtelise õhuniiskuse trendid on üsna hästi kooskõlas ka üleilmsete muutustega. Willett jt (2008) on leidnud, et põhjapoolkera talvel, sügisel ja suvel esineb suhtelise õhuniiskuse tõusutrende. Ka Eestis on kõigil neil aastaegadel suhteline õhuniiskus tõusnud, ehkki suvel on see toimunud vaid juunis.



Joonis 30. Suhtelise õhuniiskuse aprillikuine muutlikkus ja trend Võrus (sisemaa jaam), Ristnas (rannikujaam) ja Eesti keskmisena perioodil 1948–2013.

Kokkuvõte

Käesolevas töös uuriti õhuniiskuse sesoonset ja territoriaalset jaotust ning anti ülevaade aastatevahelisest muutlikkusest ja pikaajalistest trendidest. Töö tehti veeauru rõhu, küllastusvajaku ja suhtelise õhuniiskuse kuude keskmiste näitajate põhjal.

Sesoonset jaotust ning aastatevahelist muutlikkust uuriti perioodil 1948–2013. Õhuniiskuse sesoonne varieeruvus leiti mediaani näitajate põhjal ning aastatevahelist muutlikkust uuriti kvartiilihaarde abil. Territoriaalse jaotuse ülevaade anti jaamade parema esindatuse tõttu perioodi 1964–2013 kohta. Pikaajalisi trende uuriti eelnevalt nimetatud perioodidel Sen'i meetodiga ja trendi usaldusväärsust kontrolliti Mann-Kendalli testiga.

Uurimisküsimustele saadud vastused on esitatud järgnevalt punktide kaupa:

Sesoonne muutlikkus:

- Veeauru rõhk on kõrgem soojal poolaastal, saavutades maksimumi juulis ning madalam on see sügisel ja talvel ning miinimum esineb veebruaris. Mandrilise ja merelise kliimaga jaamade omavahelisel võrdlemisel ilmneb, et rannikujaamades on aasta läbi veeauru rõhk kõrgem.
- Sarnaselt veeauru rõhuga, saavutab küllastusvajak maksimumi juulis ning miinimum esineb talvekuudel. Mandrilise kliimaga jaamades on küllastusvajak märtsist augustini kõrgem ja merelise kliimaga jaamades oktoobrist veebruarini.
- Suhteline õhuniiskus on madalam soojal poolaastal ning kõrgem külmal poolaastal. Miinimum esineb mais ning maksimum novembris-detsembris. Suhtelise õhuniiskuse aastases käigus ilmnevad erinevused sisemaa ja rannikujaamade vahel, mis tulenevad mere mõjust või selle puudumisest.

Territoriaalne jaotus:

- Veeauru rõhu aasta keskmine territoriaalne varieeruvus on suur. Kõrgemad väärtused esinevad Lääne-Eesti rannikujaamades ning Liivi lahe ümbruses ja madalam on veeauru rõhk Kesk- ja Ida-Eestis. Ümbritsevast kõrgema veeauru rõhuga jaamana saab välja tuua ka Peipsi rannikul paikneva Tiirikoja. Territoriaalsed erinevused on kõige suuremad suvel ning väikseimad kevadel.
- Aasta keskmine küllastusvajak on kõige madalam äärmisel läänerannikul ja saartel ning kõrgem Kagu- ja Lõuna-Eestis. Küllastusvajaku territoriaalne kontrast on suurem

soojal poolaastal. Erinevused on väiksemad sügisel ja talvel ning siis on erinevalt aasta keskmisest ja soojast poolaastast küllastusvajak kõrgem just rannikujaamades ning madalam sisemaal.

- Suhtelise õhuniiskuse kõrgemad aasta keskmised väärtused on Lääne-Eestis ja saartel ning madalam on see Ida- ja Kagu-Eestis. Kevadel ja suvel on suhtelise õhuniiskuse erinevused piirkondade vahel suured, kuid territoriaalne jaotus on üldjoontes sama nagu aasta keskmine. Talvel ja sügisel on aga erinevalt aasta keskmisest kõrgemad väärtused sisemaal ning madalamad rannikupiirkonnas.

Aastatevaheline muutlikkus ja pikaajaline trend

- Veeauru rõhu aastatevahelist muutlikkust näitava kvartiilihaarde aastane käik on üsna muutlik, vaheldudes tõusude ja langustega. Suurim muutlikkus on juunis ja juulis ning väikseim aprillis. Veeauru rõhk on viimastel aastakümnetel oluliselt tõusnud ning võrreldes ajavahemikke 1948–2013 ja 1964–2013, ilmneb, et aasta keskmine tõus on olnud kiirem hilisemal perioodil. Suurim tõus on toimunud juulis ning lisaks on positiivne trend mitmetes jaamades iseloomulik ka jaanuarile ja augustile. Erinevusena kahe perioodi vahel saab välja tuua märtsikuise muutuse. Pikemal perioodil on sellel kuul toimunud statistiliselt oluline tõus kõigis analüüsis kasutatud jaamades, välja arvatud Sõrves, kuid lühemal perioodil pole usaldusväärset veeauru rõhu tõusu märtsis toimunud.
- Küllastusvajaku aastatevaheline muutlikkus on suur soojal poolaastal ning väiksem on see külmal poolaastal. Küllastusvajak on perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013 tõusnud ning peamiselt just soojal poolaastal. Välja saab aga tuua languse, mis on toimunud juunis. Mõlemal perioodil on suurim tõus toimunud aprillis ning varasemal perioodil on usaldusväärne tõus toimunud ka augustis ja aasta keskmisena. Üldise tendentsina ilmneb, et väiksemad muutused on toimunud rannikujaamades ja suuremad sisemaal.
- Suhtelise õhuniiskuse muutlikkus on kõrgem kevadel ning kõige madalam on see talvel. Suhteline õhuniiskus on jäänud uuritud ajavahemikel suhteliselt muutumatuks ning olulisi trende esineb vaid üksikutel kuudel. Perioodidel 1948–2013 ja 1964–2013 saab välja tuua suhtelise õhuniiskuse usaldusväärse tõusu jaanuaris ning languse aprillis. Lisaks ilmneb, et aprillikuine langus on toimunud peamiselt sisemaa jaamades. Ka veebruaris, novembris ja juunis saab mitmetes jaamades rääkida suhtelise õhuniiskuse olulisest tõusust 20. sajandi teisel poolel.

Spatio-temporal variability of surface-humidity in Estonia during 1948–2013

Jane Hüdsi

Summary

The aim of the study was to analyse spatial and seasonal distribution of surface humidity and to give an overview of long-term variability and trends in Estonia. Three humidity variables were taken into analysis – monthly mean water vapour pressure, humidity deficit and relative humidity. Seasonal distribution and long-term variability during the period 1948–2013 was described by using observation data from 16 stations. Spatial distribution was analyzed for the period 1964–2013 and it was based on the data from 20 weather stations. Long-term variability was studied for periods 1948–2013 and 1964–2013 while data from 16 and 20 stations was used accordingly.

Data was analyzed using *Microsoft Excel* and maps were drawn with *Surfer*. To analyse the seasonal and spatial distribution, median and monthly average were found accordingly. Long-term variability was characterized by quartile capture. Sen's method and Mann-Kendall test was used to identify and analyse the trend.

The results of the research:

Seasonal distribution

- Higher water vapour pressure occurs in the warm half-year (maximum in July) and lower values are in autumn and winter (minimum in February). Comparing the stations with marine and continental climate occurs that in the coastal stations is water vapour pressure higher throughout the year.
- Humidity deficit reaches a maximum in July and minimum occurs in winter. In stations with a continental climate, the humidity deficit is higher from March to August while stations with a marine climate have a higher humidity deficit from October to February.
- Relative humidity is lower in warm half-year and higher in the cold half-year. Minimum occurs in May and maximum in November and December. Annual relative humidity variability is different in coastal and innerland stations.

Spatial distribution

- Annual mean water vapour pressure is higher in West-Estonia and around Gulf of Riga and lower values are found in Central- and East-Estonia. Comparing to the surrounding stations it occurs that higher water vapour pressure is also in Tiirikoja that is located on the coast of Lake Peipus. Territorial variations are highest in the summer and lowest in the spring.
- Annual mean humidity deficit is lower in the westcoast and island stations. Higher values are in inland stations and maximum is in Southwest- and South-Estonia. Spatial variations are larger in the warm half-year and smaller in autumn and winter. In the cold half-year the spatial distribution is different from annual mean and warm half-year distribution and higher humidity deficit occurs in westcoast stations and lower values are in inland stations.
- Over Estonia, annual mean relative humidity is higher in West-Estonia and islands and lower in East- and Southeast-Estonia. In autumn and winter spatial distribution is different and higher values are in Central-Estonia and lower values in coastal stations. Spatial variations are larger in spring and summer and smaller in autumn and winter.

Interannual variability and longterm trends

- Largest water vapour pressure variability occurs in June and July and smallest in April. During the last decades water vapour pressure in Estonia has increased. Comparing the periods 1948–2013 and 1964–2013 occurs that rise has been faster in the latter period. Largest positive trend has emerged in July and water vapour pressure has also increased in the number of stations in January and August. The difference between two periods appears in March. During 1948–2013 statistically significant water vapour pressure rise has occurred in March but during 1964–2013 it isn't found.
- Humidity deficit interannual variability is high during the warm half-year and lower during the cold half-year. Humidity deficit has increased during 1948–2013 and 1964–2013 in the warm half-year but in June it has decreased. Largest increase has occurred during both periods in April and during 1964–2013 it has risen also in August and annual mean. The overall trend is that smaller changes have occurred in coastal stations and larger in inland.
- Larger relative humidity variability is found in the spring and the smallest in the winter. During 1948–2013 and 1964–2013 there have been relatively small long-term

changes and statistically significant trends have occurred only in a few months. A reliable positive trend has emerged in January and negative trend in April. In addition it occurs that decrease in April has taken place mostly in inland stations. Also in February, November and June statistically significant trend has appeared in several stations during the second half of the twentieth century.

Tänuavaldused

Soovin tänada oma juhendajat professor Jaak Jaagust ning Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi (EMHI) töötajaid, kes võimaldasid ligipääsu andmetele, mida töös kasutati.

Kasutatud kirjandus

Ahrens, C. Donald (2009). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment*. Ninth Edition. Brooks/Cole Publishing Company.

Barkhordarian, A., von Storch, H., Zorita, E. (2012). Anthropogenic forcing is a plausible explanation for the observed surface specific humidity trends over the Mediterranean area. *Geophysical Research Letters*, 39, L19706, doi:10.1029/2012GL053026.

Beck C., Grieser J., Rudolf B. (2005). A New Monthly Precipitation Climatology for the Global Land Areas for the Period 1951 to 2000. *Climate Status Report 2004*, pp. 181–190.

BACC Author Team. (2008). *Assessment of climate change for the Baltic Sea basin*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 35–131.

Dai, A. (2006). Recent Climatology, Variability, and Trends in Global Surface Humidity. *Journal of Climate*, 19, pp. 3589–3606.

IPCC 2007. *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis. Chapter 3: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. Cambridge University Press

IPCC 2013. *Climate Change 2013: Working Group I: The Physical Science Basis. Chapter 3: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. Cambridge University Press.

Jaagus, J. (2006). Climatic changes in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 83, pp. 77–88.

Jaagus, J. (2013). Nüüdiskliima. Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. 387–453. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

Jakobson, E., Ohvril, H., Okulov, O., Laulainen, L. (2005). Variability of radiosonde-observed precipitable water in the Baltic region. *Nordic Hydrology*, 36(4–5), pp. 423–433.

Keernik H., Jakobson, E., Ohvril, H. (2013). Trends in tropospheric humidity and temperature over Estonia and Finland derived from radiosonde measurements. Conference Proceedings: Seventh Study Conference on BALTEX, Borgholm, Island of Öland, Sweden, 10 to 14 June 2013. (Toim) Marcus Reckermann ja Sille Köppen.

http://www.baltex-research.eu/oland2013/material/Proceedings_Final_web.pdf. 69–70

Klimatoloogitšeski spravotšnik, (1959) = Климатологический справочник по СССР, Выпуск 4, По Эстонской ССР: метеорологические данные за отдельные годы. Часть V, Блажность воздуха. Часть VI, Облачность и солнечное сияние. Таллинн

Okulov, O., Ohvril, H., Kivi, R. (2002). Atmospheric precipitable water in Estonia, 1990–2001. *Boreal Environment Research*, pp. 291–300.

Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T. (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the Excel template application Makesens. *Publications on air quality*, 31.

Simmons, A. J., Willett K.M., Jones P. D., Thorne P.W., Dee D. P. (2010). Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature, and precipitation: Inferences from reanalyses and monthly gridded observational data sets. *Journal of Geophysical Research*, 115, D01110, doi:10.1029/2009JD012442.

Spravotšnik po klimatu SSSR (1972) = Справочник по климату СССР. Выпуск 4. Эстонская ССР. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть II, Ветер и влажность воздуха. Таллинн

Tabari, H., Hosseinzadeh Talaee, P. (2011). Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005. *Journal of Hydrology*, 396, pp. 313–320.

Willett, K. M., Gillett, N. P., Jones, P. D., Thorne, P. W. (2007). Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nature*, 449, pp. 710–712,

Willett, K. M., Gillett, N. P., Jones, P. D., Thorne, P. W. (2008). Recent Changes in Surface Humidity: Development of HadCRUH Dataset. *Journal of climate*, 21, pp. 5364–5383.

Willett, K. M., Jones, P. D., Thorne, P. W., Gillett, N. P. (2010). A comparison of large scale changes in surface humidity over land in observations and CMIP3 general circulation models. *Environmental Research Letters*, 5, doi:10.1088/1748-9326/5/2/025210.

Willett, K. M., Williams Jr., C. N., Dunn, R. J. H., Thorne, P. W., Bell S., De Podesta, M., Jones, P. D., Parker D. E. (2013). HadISDH: an updateable land surface specific humidity product for climate monitoring. *Climate of the Past*, 9, pp. 657–677.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Jane Hüdsi (sünnikuupäev: 04.11.1991),

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Õhuniiskuse ajalis-ruumiline muutlikkus Eestis perioodil 1948–2013“, mille juhendaja on Jaak Jaagus,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **19.05.2014**